

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**

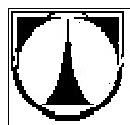
# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2014**

**IVETA ROKLOVÁ**

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil  
Studijní obor: 3107R004 Technologie a řízení oděvní výroby

### APLIKACE LASEROVÉHO GRAVÍROVÁNÍ V TEXTILU

### APPLICATION OF LASER ENGRAVING IN THE TEXTILE

Iveta Roklová  
KOD/2014/BS

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Viera Glombíková, Ph.D.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu	52
Počet obrázků	28
Počet tabulek	13
Počet grafů	16
Počet stran příloh	4

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Iveta Roklová**  
Osobní číslo: **T08000284**  
Studijní program: **B3107 Textil**  
Studijní obor: **Technologie a řízení oděvní výroby**  
Název tématu: **Aplikace laserového gravírování v textilu**  
Zadávající katedra: **Katedra oděvnictví**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte rešerši zaměřenou na využití laserového gravírování v konfekční výrobě. Popište historii gravírování laserem, obecný princip gravírování, postup laserového gravírování v kombinaci s výšivkou (pulsní mostový laser), analyzujte možné negativní vlivy aplikace gravírování na užité vlastnosti textilních výrobků.
2. Navrhněte a proveďte experiment zaměřený na sledování změn vybraných užitečných vlastností textilií po aplikaci samotného laserového gravírování a v kombinaci s výšivkou.
3. Zhodnoťte výsledky experimentu.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Kan, C. W., Yuen, C. W.M., Cheng, C. W. Technical study of the effect of CO2 laser surface engraving on the colour properties of denim fabric, Coloration Technology, Volume 126, Issue 6, pages 365-371, December 2010
- firemní materiály fy. Kříž s.r.o., KOOS spol. s r.o.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Viera Glombíková, Ph.D.

Katedra oděvnictví

Datum zadání bakalářské práce:

1. listopadu 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

27. května 2013

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



  
doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012



Technická univerzita v Liberci  
Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.  
Katedra oděvnictví, FT  
Studentská 2  
461 17 Liberec

#### ŽÁDOST

Žádám o prodloužení termínu odevzdání bakalářské práce do ledna 2014 z důvodu pracovního vytížení.

Název bakalářské práce: Aplikace laserového gravírování v textilu  
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Viera Glomblíková  
Jméno, příjmení a adresa žadatele: Iveta Roklová, Aloisina výšina 558, Liberec 15

Podpis žadatele:



Datum podání žádosti: 20.5.2013

Vyjádření vedoucího práce:



Vyjádření vedoucího katedry:



## **Prohlášení**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 6.1.2014

Podpis:

## **Poděkování**

Mé poděkování zasluhuje Ing. Viera Glombíková, Ph.D. za odborné vedení a konzultaci této práce, Ing. Jana Čandová, Hana Rulcová, Ing. Rudolf Třešňák a Ing. Michal Chotěbor za odborné vedení při přípravě vzorků a jejich testování. V neposlední řadě bych také chtěla poděkovat, mému konzultantovi ze společnosti Tama-Bohemia s.r.o., panu Tomáši Pažoutovi.

## **Anotace**

Práce je zaměřena na laserové gravírování textilií v kombinaci s výšivkou. V teoretické části práce je popsáno laserové gravírování, historie, princip a také využití či použití laserového gravírování a řezání textilií v kombinaci se strojní výšivkou. Experimentální část práce zkoumá, jaký vliv mají rozdílné nastavení parametrů laseru po aplikaci laserového gravírování a výšivky na užité vlastnosti textilií, konkrétně na pevnost a tuhost dané textilie. Pevnost textilie je ještě dále zkoumána z hlediska běžné údržby, konkrétně je zjišťováno jaký vliv má praní na pevnost dané textilie v kombinaci s laserovým gravírováním a výšivky.

**Klíčová slova:** laserové gravírování, výšivka, pevnost textilie, tuhost textilie, běžná údržba textilie - praní.

## **Annotation**

The work is focused on laser engraving of textiles in combination with an embroidery. In the theoretical part of the work there is described the laser engraving, history, principle, and also the utilisation or the use of laser engraving and cutting of fabrics in combination with machine embroidery. Experimental part of the work examines the impact of different laser parameters settings after the application of laser engraving and embroidery on the technological properties of textiles, concretely, on the strength and rigidity of the fabric. The strenght of the fabric is further examined in terms of routine maintenance, specifically, there is investigated the influence of the washing on the strength of fabric in combination with laser engraving and embroidery.

**Keywords:** laser engraving, embroidery, the strength of the fabric, the rigidity of the fabric, the routine maintenance of the fabric – the wash.

## Seznam zkratek

F – síla

N – newton

mN – mili newton

km – kilometr

m – metr

cm – centimetr

mm – milimetr

min – minuta

s – sekunda

$\mu\text{m}$  – mikro metr

$\text{m}^2$  – metr čtvereční

$\text{m}^3$  – metr krychlový

W – watt

Mo – ohybový moment

Tab. – tabulka

## Obsah

Seznam zkratk.....	9
Úvod .....	12
1 Gravírování .....	13
1.2 Historie gravírování.....	13
2 Laser .....	14
2.1 Historie laseru .....	14
2.2 Základní části laseru .....	15
2.3 Obecný princip laseru .....	16
2.4 Rozdělení laserů .....	17
2.4.1 CO <sub>2</sub> laser - Carbon dioxide laser.....	17
3 Laserového gravírování .....	18
3.1 Princip laserového gravírování.....	19
3.2 Laserové gravírovací stroje .....	19
3.3 Využití laserového gravírování .....	21
3.3.1 Použití laserového gravírování a řezání textilií v kombinaci se strojní výšivkou .....	23
3.3.2 Vliv laserové technologie v kombinaci s výšivkou na základní užité vlastnosti textilií....	26
4 Laserové produkty v kombinaci s vyšivacím stroje .....	27
4.1 Laser pro jednohlavové vyšivací stroje.....	27
4.2 Split Laser.....	28
4.3 Pulsní mostový laser .....	28
4.3.1 Obecný popis.....	28
4.3.2 Možnosti instalace mostového laseru .....	30
4.3.3 Příklady mostových laserů od společnosti Seit Elettronica.....	31
4.3.4 Součásti a přídatné zařízení k mostovému laseru .....	33
4.3.5 Příklad výrobce mostové laserové technologie .....	34
5 Experiment část – úvod.....	35
5.1 Charakteristika materiálu .....	36
5.1.1 Vzorok materiálu.....	36
5.2 Pevnost v tahu .....	37
5.3 Tuhost textilie .....	38
5.4 Příprava vzorků .....	40
5.4.1 Zařízení na přípravu vzorků .....	40
5.4.2 Příprava vzorků – pevnost v tahu .....	42
5.4.3 Příprava vzorků – tuhost v ohybu.....	46
5.5 Zkouška pevnosti.....	47
5.5.1 Nastavení parametrů – Testometric M350-5CT .....	47
5.5.2 Výsledky zkoušky pevnosti.....	47
5.5.3 Hodnocení zkoušky .....	49

5.6	Zkouška tuhosti .....	58
5.6.1	Výsledky zkoušky .....	59
5.6.2	Hodnocení zkoušky .....	60
	Závěr .....	63
	Seznam literatury .....	65
	Seznam obrázků .....	67
	Seznam tabulek .....	68
	Seznam grafů .....	69
	Seznam příloh .....	70
	Přílohy .....	71

# Úvod

V současné době jsou kladeny velké nároky nejen na komfort a trvanlivost oděvů a textilií, ale také na související vzhled a design. Existuje celá řada technologií zdobení, mezi nejpoužívanější můžeme řadit strojní výšivku, 3D výšivku, aplikovanou výšivku, digitální tisk, flitrování, nášivky či gravírování a řezání laserem. Technologie lze kombinovat a vytvářet tak jedinečné designy.

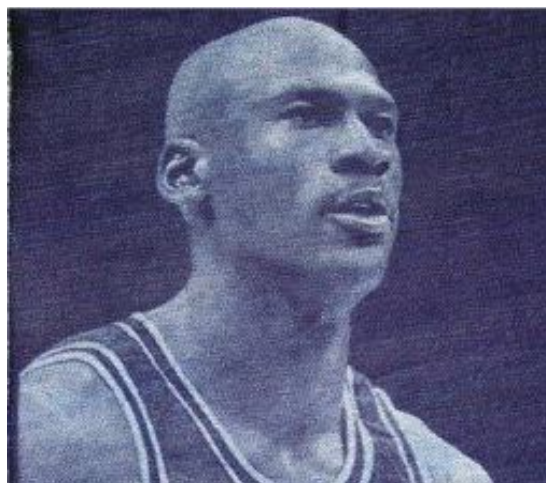
Teoretická část práce má za úkol seznámit s problematikou laserového gravírování a jeho využití v kombinaci s výšivkou. Dále řeší negativní vlivy laserového gravírování na užitné vlastnosti textilií.

Experimentální část se zabývá vlivem laserového gravírování a strojní výšivky na užitné vlastnosti vybrané textilie, konkrétně denimu. Vybranými užitnými vlastnostmi je pevnost a tuhost textilie, pevnost je dále zkoumána z hlediska běžné údržby – praní. V 1. Části experimentu se nachází charakteristika použitého materiálu, dále popis zařízení k měření pevnosti a tuhosti, a příprava vzorků. Další část experimentu již řeší konkrétní zkoušky užitných vlastností, nejprve vliv laserového gravírování a strojní výšivky na pevnost denimu před údržbou a po běžné údržbě a poté na tuhost denimu.



# 1 Gravírování

Gravírování patří ke starodávným řemeslům, které se používají dodnes. Jedná se o technologii, která odebráním materiálu (pomocí nástroje) vytváří hladké, jemné i zvlněné rýhy, stínování a šrafování, tím vznikají obrazce, ornamenty, loga či nápisy. V dnešní době tradiční způsoby výroby (ruční gravírování) nahrazuje a vytlačuje moderní gravírování. Současné gravírování používá dva základní postupy, konkrétně gravírování mechanickou a laserovou cestou. Mechanické gravírování je kontaktní metoda, při níž dochází k přímému styku pracovního nástroje s materiálem. Pro tuto metodu se používá kovová frézka nebo diamantový hrot. Méně častými stroji k mechanickému gravírování jsou manuální pantografy, více běžné jsou počítačem řízené CNC plotry. Laserové gravírování je bezkontaktní metoda, která bude dále popsána v následujících kapitolách. [22]



Obrázek 1 - Ukázka aplikace laserového gravírování na denimu [4]

## 1.2 Historie gravírování

Již v pravěku se poměrně jednoduchým způsobem gravírovalo do kostí, dřeva či kamene. První důkazy gravírování pocházejí ze střední doby kamenné, vzory byly vyryty na pštroší skořápky, které se používaly jako nádoby na vodu. Nalezeny byly v Jižní Africe v Diepkloof Rock. Prvotní rytci používali různě tvarované rydlá a čakany (kombinace sekery a kladívka), nápisy zvýrazňovali například cínem, zlatem, stříbrem nebo mědí. Nejčastěji gravírovali do mědi či bronzu ocelovým nástrojem, který má vyšší tvrdost a tudíž vytváří požadované linie. [15] [25]

Ve středověku se gravírování nejvíce využívalo ke zdobení zbraní či skleněných výrobků. V 15. století se nejčastěji gravírovalo do kovů, později tato technika pronikla do knižní a novinové ilustrace. První a největší období gravírování bylo od 1470 do 1530 (Martin Schongauer, Albrecht Dürer a Lucas van Leiden). Po příchodu

elektromotoru se přístup k tomuto řemeslu značně změnil (konec devatenáctého století, začátek dvacátého). Elektromotor buď pohání rotační nástroj, který je broušený do trojúhelníkového profilu, nebo za pomoci excentru (speciální kruhová vačka) řídí pohyb s malým zdvižením nástroje, který díky úderům ocelového nebo diamantového hrotu gravíruje danou stopu. Další možností je napájení elektromagnetu střídavým proudem (takzvané gravírovací pero), kdy je přímý pohyb odvozen od zdvižení elektromagnetu. To znamená, že proud kmitá jeho hrotem s frekvencí 100 kmitů za vteřinu. Velkou změnu zaznamenalo gravírování s příchodem laseru před více než 50-ti lety. [15]

## **2 Laser**

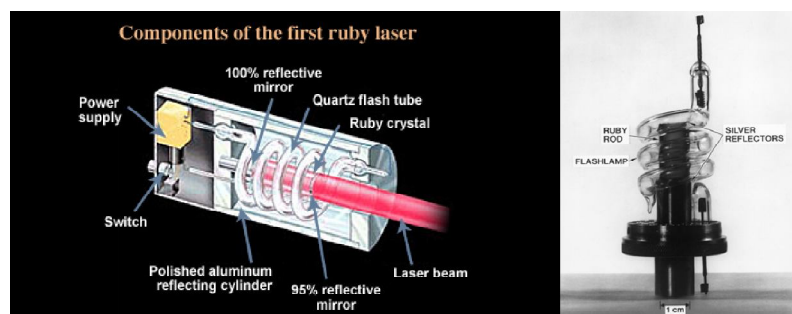
Laser je zkratka anglického názvu, který popisuje jeho funkci, „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“, v překladu “zesilování světla stimulovanou emisí záření“. Laser je zdroj elektromagnetického záření a světlo vyzařuje v podobě úzkého svazku. Do základních a nejdůležitějších vlastností světla laseru patří koherence (stejná fáze vlnění), monochromaticnost (fotony záření jsou stejnobarevné, mají stejnou frekvenci a vlnovou délku), velmi nízká rozbíhatelnost laserového paprsku (fotony záření mají stejný směr pohybu). [16]

### **2.1 Historie laseru**

Od zkonstruování prvního laseru uběhlo přes 50 let, na jeho sestavení se však začalo pracovat již před staletími. O významný pokrok k vynalezení laseru se zasloužil roku 1916 Albert Einstein (teorie o stimulované emisi). První maser, předchůdce laseru, byl vyroben až v roce 1953 a pracoval na podobných principech laseru (výrobce - Charles H. Townes, studenti James P. Gordon a Herbert J. Zeiger). Gordon Gould pracoval na tématu o energetických hladinách vzrušeného thallia. První kdo použil pojem “laser” byl Gordon Gould roku 1959. [2] [3] [24]

První pracovní (rubínový) laser zkonstruoval roku 1960 Theodor H. Maiman. Na výrobě prvního plynového laseru se podíleli pánové A. Javan, W. R. Bennett, D. R. Herriot v roce 1961. V roce 1962 se začal vyvíjet polovodičový laser.

První aplikace laseru, se kterou jsme se mohli setkat v běžných životech, byl snímač čárových kódů v supermarketech v roce 1974. [2] [3] [24]



Obrázek 2 - První rubínový laser

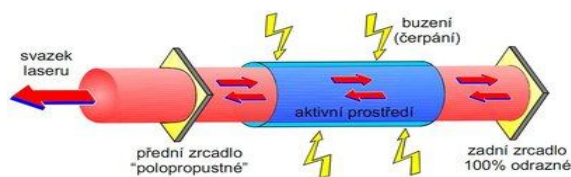
[2]

## 2.2 Základní části laseru

Mezi základní části laseru bezprostředně patří aktivní prostředí, což je prostředí obsahující částice (atomy, molekuly, ionty, elektrony), které jsou buzené zdrojem záření. Podle druhu částic v aktivním prostředí se rozlišují i druhy laserů (níže popsáno v kapitole 2.4 Rozdělení laserů). Vybuzení aktivního prostředí neboli dodávání energie aktivnímu prostředí je možné provádět několika způsoby, záleží zejména na druhu laseru a jeho využití. Zdroj záření může mít různou podobu. Velmi častým způsobem buzení částic aktivního prostředí je buzení optické, jedná se o formu buzení světelným zábleskem. Mezi další způsoby buzení částic aktivního prostředí patří buzení elektrickým polem, kde pole zapříčiní trhání elektronů z atomů a molekul, další variantou je buzení chemické, kde se pracuje s exotermickými (uvolnění energie ve formě světla a tepla) chemickými reakcemi, například reakce vodíku s chlorem. [2] [7] [29]

Další částí laseru je rezonátor, který slouží k zesilování světla. Je složen ze dvou zrcadel, jedno zrcadlo je nepropustné a druhé polopropustné (při dosažení určité intenzity jsou fotony vypouštěny tímto zrcadlem ven z rezonátoru), zároveň jsou k sobě rovnoběžné a kolmé na osu laseru. Zrcadla mohou být rovinné nebo zakřivené (ven, dovnitř). [2] [7]

Do základního příslušenství laserů patří chladicí systém, který chladí laser a tím i chrání proces, dále systém pro odvod vznikajícího kouře, příslušenství pro přenos energie aktivnímu prostředí či zařízení a přístroje pro kalibraci. [2] [7]



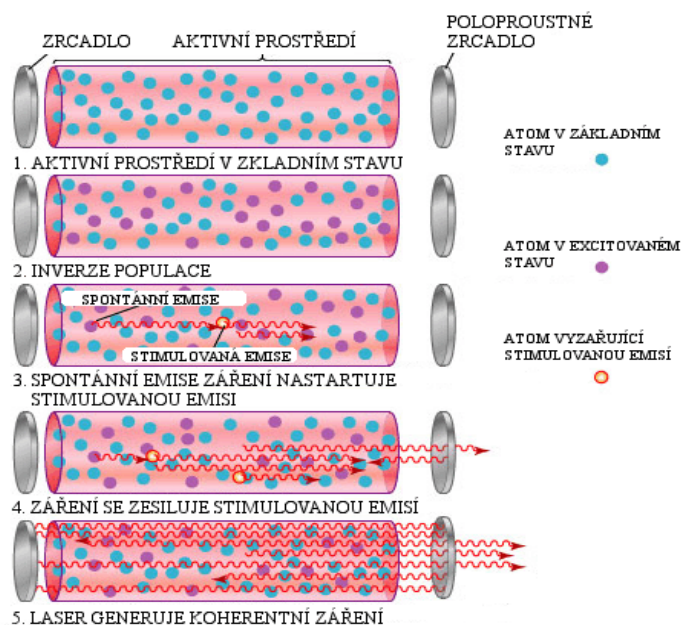
Obrázek 3 - Základní schéma laseru

[11]

## 2.3 Obecný princip laseru

Laser se neobejde při výrobě elektromagnetického záření bez třech základních částí a to bez zdroje energie, aktivního prostředí a rezonátoru. Zdroj energie přivede potřebnou energii do aktivního prostředí. Aktivní prostředí je tvořeno částicemi, které jsou schopny excitace, to znamená, že přivedená energie ze zdroje je schopna tyto částice vybudit a přemístit ze základní nižší energetické hladiny do vyšší energetické hladiny. Takto se vybudí skoro všechny částice, nastává takzvaná inverze populace. Ve vyšší energetické hladině setrvávají jen několik sekund a poté se vracejí zpět do základní hladiny pomocí stimulované či spontánní emise, přitom ale vyzáří energii ve formě fotonů. Vyzářené fotony vybudí další elektrony inverze populace a tím vznikají další fotony (stejný směr, fáze), tento proces se nazývá stimulovaná emise. K procesu stimulované emise velmi přispívají zrcadla rezonátoru, odrazem fotonů od zrcadel zesilují jejich proud. Při dostatečně vytvořené energii procházejí fotony, v podobě laserového svazku, skrze polopropustné zrcadlo ven z rezonátoru.

Výsledkem je světelný paprsek (shromážděné fotony z aktivního prostředí), který má stejnou rychlost jako světlo, tedy 300 000 km/s. [2] [7] [11] [29] [30]



Obrázek 4 - Základní princip laseru

[11]

## 2.4 Rozdělení laserů

Nejčastější rozdělení laserů je podle látky aktivního prostředí:

### a) Pevnolátkové lasery

Aktivní prostředí obsahuje buď krystalické (pravidelné) látky nebo látky v pevném skupenství, ale s nepravidelnou strukturou. Vybuzení atomů je nejčastěji optické. Mezi nejznámější pevnolátkové lasery patří rubínový laser (aktivní prostředí – krystal syntetického rubínu), neohmový laser.

### b) Kapalinové lasery

Kapalinové lasery mají aktivní prostředí v podobě organických barviv (chemické látky). Taky u těchto laserů je většinou buzení optické.

### c) Polovodičové lasery

Jsou to jedny z nejpoužívanějších laserů. Lasery využívají laserové diody, ty přeměňují energii na světlo.

### d) Plynové lasery

Buzení nastává většinou elektrickým výbojem. Aktivní prostředí obsahuje plyny nebo směsi plynů, například helium-neonový laser (helium-neon, červené záření), CO<sub>2</sub> laser (nejpoužívanější laser v medicíně a v průmyslu, infračervené záření). CO<sub>2</sub> laser je používán v textilním průmyslu a byl použit i v experimentální části práce, proto bude v podkapitole 2.4.1 s názvem CO<sub>2</sub> laser - Carbon dioxide laser podrobněji popsán. [2] [11]

## 2.4.1 CO<sub>2</sub> laser - Carbon dioxide laser

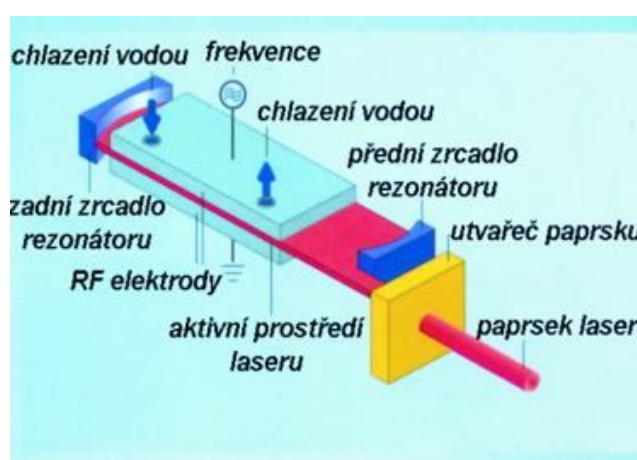
První CO<sub>2</sub> laser byl vyroben roku 1964 a je jedním z nejstarších a hlavně nejpoužívanějších plynových laserů. V průmyslu se nejčastěji používá k řezání a gravírování. CO<sub>2</sub> laser produkuje infračervené záření s vlnovou délkou 9,4 a 10,6 μm. [21] [26]

### 2.4.1.1 Popis CO<sub>2</sub> laseru

CO<sub>2</sub> laser se skládá z aktivního laserového media, ve kterém se nachází výbojka (zdroj energie), která je chlazená vzduchem nebo vodou. Plyn v aktivním prostředí je složený především z oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub> – 10-20%), dusíku (N<sub>2</sub> – 10-20%) a z helia, zbytek tvoří směs plynů. Poměry se u jednotlivých laserů liší. Pouze v molekulách CO<sub>2</sub> dochází ke stimulované emisi, zbytek plynů napomáhají k zlepšení podmínek při inverzi populace v laseru, ke které dochází následovně: zdroj energie rozrušuje dusík, u kterého

nastane vibrační pohyb. Přenosem energie z dusíku se vibračně vybudí molekuly oxidu uhličitého a to vede k požadované inverzi populace. Molekuly dusíku jsou v nižším vybuzeném stavu, do jejich základního stavu je dostane srážka s chladnými atomy hélia. Horké atomy hélia musí být chlazeny, to zajišťují buď stěny nádoby, nebo jsou horké plynné směsi odčerpány z rezonátoru pomocí čerpadel. [21] [26] [29] [30]

Jelikož pracují CO<sub>2</sub> lasery s infračerveným zářením, jejich konstrukce musí být vyrobena ze speciálních materiálů. Zrcadla jsou stříbřené, čočky jsou buď z germania, nebo ze selenidu zinku. Pro těžší aplikace jsou zrcadla zlacené a čočky ze selenidu zinku. [21] [26]



Obrázek 5 - Princip CO<sub>2</sub> laseru  
[13]

### 3 Laserového gravírování

Pojem laserové gravírování je sice nepříliš známý, přesto díky této moderní technologii můžeme docílit výrazného designu na různých druzích materiálů – od kovu po textil. Laserové gravírování je technologie, která za pomoci laseru odpařuje materiál či barvu, nebo láme (například sklo), odlupuje povrch materiálů a tím vznikají loga, ornamenty, nápisy, obrázky či různé efekty. [19] [27]

Mezi hlavní výhody laserového gravírování patří jakost (přesnost a jiné vlastnosti), bezpečnost (jedná se o bezkontaktní metodu), trvanlivost (gravírování je

odolná a nesmazatelná technologie), netoxicity (žádné chemikálie) a rychlost procesu. Při srovnání laserového a mechanického gravírování dospějeme ke skutečnosti, že s použitím laseru nedochází ke kontaktu s materiálem, tudíž i zamezuje vznik poškození opracovávaného materiálu. Další výhodou laserového gravírování je kontrast, například u mechanického gravírování (pokud nejde o dvouvrstvý materiál) má opracovaná plocha stejné zabarvení jako neopracovaná. U gravírování laserem nastává vlivem tepla z paprsku ke změně barvy opracované plochy, takže s neopracovanou plochou kontrastuje. Velkou předností laserového gravírování oproti mechanickému je také v jemnosti kresby. Mechanické gravírování je omezeno do určité minimální tloušťky nástroje, kdežto paprsek může mít průměr v řádech mikronů. [19] [27]

### **3.1 Princip laserového gravírování**

Princip laserového gravírování je podobný jako u mechanického gravírování, gravírovací stroj je řízen počítačem a vydává povely řídicímu ústrojí, které pohybuje laserovou hlavou, materiál se většinou případů nehýbe (přípevněn v rámu). Hloubku gravírování ovlivňují dva hlavní parametry a to síla (intenzita – Duty cycle) paprsku a také rychlost paprsku (Pixel time). K největší hloubce gravírování dochází při maximální intenzitě a minimální rychlosti. Problém nastává při použití hořlavých materiálů, gravírujeme-li malou rychlostí, může dojít k vypálení okolo stopy paprsku (do stran), nebo dokonce k jejich vznícení. Tomu se předchází opakováním procesu gravírování. [19] [27]

Laserové systémy mají jednoduché ovládání, grafika pro gravírování se tvoří nejčastěji vektorovými křivkami v programech Corel Draw nebo Adobe Illustrator. Digitálně vytvořená grafika se pomocí počítače odesílá do řídicí jednotky stroje. Obsluha ovládá spuštění jednotlivých výrobních cyklů a také provádí nakládání a vykládání gravírovaných předmětů. U laseru se nejčastěji nastavují 3 základní hodnoty a to rychlost, intenzita paprsku a frekvence. [19] [27]

### **3.2 Laserové gravírovací stroje**

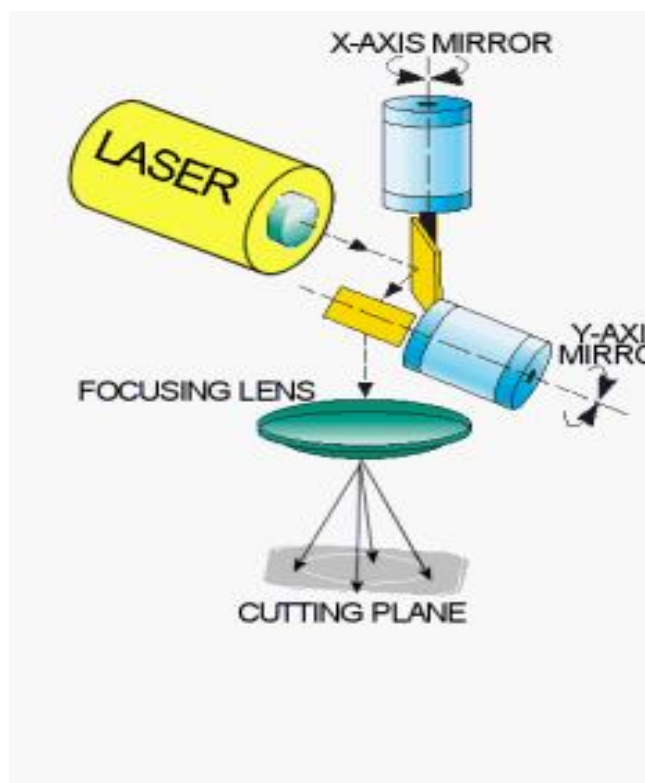
Laserové gravírovací stroje jsou složeny ze tří základních částí, a to z laseru, regulátoru a pracovní plochy. Regulátor (PC) udává intenzitu, směr, rychlost a šíření laserového paprsku. Během laserového gravírování je také nutné odstraňovat vznikající

škodlivé výpary, kouř nebo úlomky z povrchu, proto je třeba, aby byly ve strojích zakomponovány dmychadla, vývěvy a také chladicí systémy. [27]

**V současné době se nejčastěji používají 2 typy gravírovacích strojů:**

**1.typ - XY stůl** - nejčastěji používaný stroj, na kterém je buď gravírovaný povrch upevněn a pohybuje se pouze laser ve směru X a Y, nebo je laser stacionární a pohybuje se povrch, nebo se laser pohybuje ve směru X a povrch ve směru Y

**2.typ - galvanometrický laser** - laser i povrch je ve stacionární poloze a galvo zrcadla pohybují laserovým paprskem po povrchu. Osy zrcadel jsou nastaveny tak, aby jedno zrcadlo vychyloval paprsek ve směru osy X a druhé zrcadlo ve směru osy Y. Galvo zrcadla a zaměřovací objektiv se nacházejí v takzvané galvo hlavě, jinak zvané galvanometrické laserové hlavě. [12] [19] [27]



Obrázek 6 - Galvanometrický laserový systém

[12]









### 3.3 Využití laserového gravírování

V dnešní době se laserové gravírování uplatní v mnoha oborech podnikání. Samozřejmě záleží na typu laseru, v konfekční výrobě se nejvíce využívá CO2 laser. Tuto technologii lze využít jak pro firemní branding, tak i pro sportovní či běžný textil (textilní materiály včetně kůže a koženky). Možná je i aplikace na hotové výrobky. Velké uplatnění má v reklamě, gravírování na reklamní předměty, nože, vizitky, dřevěné reklamní předměty, láhve, sklenice, textil, dále při výrobě dárkových předmětů či značení potravin a podobně. Příklady vhodných materiálů pro aplikaci laserové technologie jsou uvedeny v tab.1. Velké uplatnění má také laserové gravírování v kombinaci s výšivkou. Pomocí laseru je možné doplňovat výšivky a vytvářet tak originální designy, nebo dokonce vytvářet výšivky (aplikovaná výšivka - výřez). [4] [9] [20]

**Tabulka 1 - Vhodné materiály pro aplikaci laserového gravírování**

[4, 20]

MATERIÁL	Specifikace a využití	
<b>KOV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nejpoužívanějšími kovy jsou eloxovaný hliník (na povrchu kovu jsou vytvořeny eloxováním vrstvy oxidu, tím se stává kov tvrdší a chemicky odolnější) a nerez</li> <li>- velké možnosti využití v průmyslu</li> <li>- výroba technologických štítků, průmyslových popisků, orientačních a informačních systémů</li> </ul>	
<b>DŘEVO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- různé druhy dřeva a jejich imitací</li> <li>- výroba dárkových a dekorativních předmětů, jako jsou například ozdoby na stromček, svícny, firemní tabule, modely a jiné</li> </ul>	
<b>SKLO</b>	- nejčastěji se upravují skleničky, tabule, firemní cedule a další	
<b>PLAST</b> <b>PLEXISKLO</b> <b>POLYSTYRÉN</b>	- uplatnění v potravinářství, při výrobě ochranných krytů, firemních cedulí	
<b>GUMA</b>	- použití při výrobě štočků, různých náramků a dalších gumových předmětů	

<b>PAPÍR</b>	- dárkové a reklamní předměty (pohledy, přání, krabičky, apod.)	
<b>KOREK</b>	- podtácky či celé sady podložek, také se gravíruje na korkové zátky	
<b>KERAMIKA</b>	- gravírováním lze tvořit na ledacos, výjimkou nejsou ani keramické předměty jako vázy, džbány, sošky a jiné ozdobné předměty	
<b>KÁMEN</b>	- v dnešní době je moderní gravírovat i do kamene, vytvářet jména, obrázky či znamení, ve kterém jsme se narodili a spoustu dalších ornamentů	
<b>POTRAVINY</b>	- gravírováním lze označit logem, nápisem nebo sloganem jakýkoli druh <b>ovoce, zeleniny</b> či <b>dalších potravin</b>	
<b>KŮŽE</b>	- nejčastěji se kůže používá v oděvním průmyslu na produkci obuvi a oblečení. I na tento materiál lze vygravírovat jakýkoliv motiv	
<b>TEXTIL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gravírovat lze také na textil podle návrhu či předlohy a vytvářet tak různé motivy jako jsou loga, květiny,...</li> <li>- lze říct, že je možno gravírovat na většinu textilních materiálů, ale doporučuje se odzkoušení, případná konzultace</li> <li>- u umělých materiálů se okraje zataví.</li> <li>- mezi nejpoužívanější materiály patří riflovina, fleece, koženka či semiš</li> <li>- také ji lze kombinovat s dalšími technologiemi, jako jsou flitry, strojní výšivka, aplikovaná výšivka, digitální tisk, šatony, sítotisk, sublimace</li> </ul>	 

### **3.3.1 Použití laserového gravírování a řezání textilií v kombinaci se strojní výšivkou**

Laserová technologie pro textilní průmysl má v dnešní době největší využití při řezání oděvních dílů, vzorků, nášivek, výšivek, dále při gravírování, které vytváří design nebo vzor textilií či hotových výrobků. Díky mostovému laseru (kapitola 4.3) je možná kombinace laserového gravírování se strojní výšivkou, se kterou tvoří různé aplikace a designy. Tímto se otevírá široká škála možností využití a neposlední řadě zefektivnění a zrychlení samotné produkce. Laserová technologie v kombinaci s výšivkou může používat různé technologické postupy.

Vyšívání je technologie s dlouholetou tradicí, která má za úkol trvalé značení podkladového materiálu (textil a jiné podobné materiály, například papír) protahováním či našíváním nití. První stroj určený k vyšívání byl vyroben ve Francii roku 1829. U strojního vyšívání se podkladová tkanina hýbe různými směry (podle vzoru výšivky) a jehla vpichuje kolmo ke tkanině z jednoho místa. Současné vyšívací stroje pracují rychlostí až 1500 stehů za minutu a jsou řízeny počítačem. Také se doplňují různými automatizačními prvky. Existují dva základní druhy vyšívacích strojů: jednohlavové a vícehlavové vyšívací stroje. Moderní stroje se liší také v počtu jehel (jednojehlové či vícejehlové vyšívací stroje). Příklad - vyšívací stroje Tajima a příslušenství – příloha 2. Při vyšívání musí být materiál zpevněný, používají se proto podkladové materiály, které se po procesu odtrhnou či odstříhnou (vliselíny, vodou a teplem rozpustné fólie). [23]

Laserové gravírování a řezání můžeme kombinovat jak s klasickou výšivkou, tak i s 3D výšivkou, největší uplatnění však laser má při realizaci aplikované výšivky, která rozšiřuje klasickou výšivku. Na základní materiál se pokládají další vrstvy, které se buď nejprve přišijí, a poté dojde k ořezání na požadovaný tvar pomocí laseru, nebo se laserem vyřízne požadovaný tvar výšivky a poté se přišije na základní materiál. Barevné nitě jsou nahrazeny barevnou látkou. Efekt lze vytvářet na jakékoli textilní i netextilní materiály: kůže, koženka, plyš, bavlněné i polyesterové materiály, vlasové a smyčkové materiály. Aplikace se často využívá v konfekci u velkoplošných výšivek, kdy díky nim snížíme počet stehů, tím pádem jejich tuhost a také se výrazně sníží cena. Nejčastější použití je v běžném a dětském textilu, zejména na trika, košile, sportovní dresy. Vyšívací nitě (až 15 barev) jsou nejčastěji z bavlny, lurexu, polyesteru či viskózy. [1] [9] [10] [20]



Obrázek 7 - Ukázka aplikované výšivky  
[10]

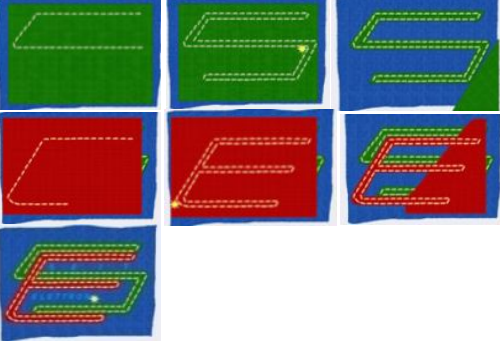





Pro kombinaci laserového gravírování, řezání a strojní výšivky se většinou používá více druhů materiálů. Může se použít celá řada technologických postupů výroby, záleží zejména na provedení požadovaného designu. Příklad této kombinace můžeme vidět na obr. 8, kde je na základním materiálu umístěn další materiál, který má záměrně jinou barvu, proces výroby je zahájen řezáním laserem do materiálu na povrchu, laser musí být přesně nastaven, aby nepropálil či nepoškodil základní spodní materiál. Po laserovém řezání následuje aplikace strojní výšivky pomocí vyšívacího stroje a na závěr opět nastupuje laser a gravírováním dokončuje výrobu vojáka. Výroba tohoto vzorku trvala za pomoci mostového laseru a vyšívacího stroje přesně 2,6 sekund. Další příklady použití laserové technologie a vyšívacího stroje jsou zobrazeny v tab.2.



Obrázek 8 - Ukázka použití laserové technologie a strojní výšivky  
v textilu  
[14]

Tabulka 2 - Postupy při výrobě aplikací pomocí laseru a vyšivacího stroje

[4]

	<p>Postup spočívá v umístění tkaniny a vytvoření první výšivky, poté pracuje laser, který ji ořeže a dojde k odstranění nadbytečné textilie po první výšivce. Následuje umístění druhé tkaniny a vytvoření druhé výšivky, kterou opět laserový paprsek vyřízne a poté se odstraní nadbytečná textilie. Na závěr se aplikuje laserové gravírování na textilií.</p>
	<p>U tohoto vzorku nejprve dochází k laserovému řezání do černé kůže. Následuje šití, které upevňuje a zvýrazňuje, a řezání laserem. Až naposledy je vytvořeno květinové tělo pomocí výšivky.</p>
	<p>Aplikace výšivky a laserového gravírování na denimu.</p>
	<p>Na vzorku dojde k vyšití obrysu koně, poté k laserovému gravírování koně a nakonec k laserovému řezání a to vše za 3,2 sekund.</p>
	<p>Výšivka je složena z 2 barev technických tkanin. Prvně se šitím připevní první tkanina a listy se vyšijí zlatou nití, poté dochází na řezání první tkaniny pomocí laseru. Stejně tak se šitím připevní i druhá tkanina a vzory květin se také vyšijí zlatou nití, na závěr opět výřez laserem.</p>
	<p>Přichycení plstěných materiálů (zelená, oranžová) přímo na džíny, následuje laserové řezání a laserové gravírování.</p>

### **3.3.2 Vliv laserové technologie v kombinaci s výšivkou na základní užité vlastnosti textilií**

Různé vlastnosti textilních vláken, rozdílné dostavy a hustoty textilií a mnoho dalších faktorů mají velký vliv na užité a zpracovatelské vlastnosti textilií, které se po aplikaci laserového gravírování mohou změnit. Záleží zejména na množství odebraného materiálu, na velikosti zhotoveného požadovaného efektu a dalších faktorech, které ovlivňují vlastnosti konečného výrobku.

Hlavní změnou po procesu laserového gravírování je na první pohled jednoznačně vzhled, a proto by bylo vhodné upozornit na článek o studii s názvem „Technical study of the effect of CO2 laser surface engraving on the colour properties of denim fabric (autoři: C W Kan, C W M Yuen a C W Cheng), která je zaměřena na změnu vzhledových vlastností, konkrétně na změnu barev, po aplikaci laserovém gravírování na denim. Při úpravě byly použity různé nastavení parametrů a to intenzita paprsku a pixel time. Ze závěru studie vyplývá, že efekt vyblednutí je ovlivněn výkonem laseru, který je zvyšován při zvyšování parametrů, tj. intenzita a pixel time, dále samozřejmě závisí i na kombinaci těchto parametrů. Vysoký výkon laseru zapříčiní světlejší vzhled tkaniny, tudíž i vyšší procento odebraného materiálu s barvivem. [8]

Po aplikaci laserové technologie nedochází pouze ke změně vzhledových vlastností, ale i k dalším změnám, například změny omaku, prodyšnost, tažnost, pevnost, tuhost či termoizolace (fleece-odebráním materiálu) a další. Při použití laseru dochází k odebírání materiálu z povrchu gravírované plochy, tudíž má tato aplikace velký vliv na vlastnosti výrobku, které mohou být pozitivní, ale i negativní. Mezi vlastnosti, které aplikace laserového gravírování pozitivně ovlivňuje, můžeme řadit již zmiňované vzhledové vlastnosti - touto aplikací lze měnit barvu, umožňuje stínování, apod. Laserová technologie většinou ovlivňuje vlastnosti negativně, týká se to hlavně trvanlivostních a komfortních vlastností, například vliv bude mít jistě na pevnost textilie (což může být nežádoucí, na druhou stranu ale i žádoucí, podle požadovaného efektu), též na tuhost textilie či omak textilie, většinou se povrch zdrsňuje, zataví, apod. V kombinaci s výšivkou se vlastnosti textilie mohou opět změnit, některé negativně jiné pozitivně, vliv na změnu může mít hustota a druh výšivky, rozměry výšivky a další faktory. Pro experimentální část práce jsou vybrány dvě trvanlivostní vlastnosti a to pevnost a tuhost. Jelikož jsou textilie při běžném užívání namáhány a ohýbány, jsou tyto



vybrané vlastnosti velmi vhodné pro odzkoušení a následného stanovení vlivu laserového gravírování a strojní výšivky.

Prioritou je vybrat vhodnou textilií, kterou je nutné odzkoušet a zjistit vhodné parametry nastavení laseru a vyšívacího stroje s ohledem na změny vlastností. Například při výrobě dírky je potřeba, k zjištění vhodných parametrů nastavení laseru, papír, který se dává pod textilií a laser vypaluje kolečka s různě nastavenými parametry. Hodnocení: když se papír propálí nebo není vidět, dále se upravují parametry až do té doby, než bude papír nepoškozený a viditelný. Na některé choulostivé materiály se musí citlivě, aby nedošlo k poškození popřípadě k jejich vzplanutí, proto je možné nastavení režimu opakování pro dosažení požadovaného efektu. Pokud laser vypaluje a tvoří stopu do textilie či řeže textilií, tak zároveň dochází k zatavení, tudíž odpadá problém s roztrženými kraji či s vyčnívajícími vlákny. [28]

## 4 Laserové produkty v kombinaci s vyšívacím stroje

### 4.1 Laser pro jednohlavové vyšívací stroje

Laser je zabudován přímo na vyšívacím jednohlavovém stroji, přičemž nahrazuje jehlu a může mít dvě modifikace (náhrada 1. nebo poslední jehly). Trhaný pohyb vykonává rám s materiálem, laser simuluje pohyb jehelní tyče – pulzuje.

Mezi hlavní výhody patří minimalizace pracovního času a pracovní síly, dále vysoká kvalita řezu, snadné používání, maximální zabezpečení či minimální, ale nutná, údržba a jiné. Laser pracuje 25000 hodin, poté se opět naplní a je kompatibilní se všemi existujícími softwary. Tato varianta je vhodná pro malé série.



Obrázek 9 - Laser pro jednohlavový vyšívací stroj  
[14]

Velkou nevýhodou je rychlost (40 cm/min), dále nepřesnost (mnohdy neuřízne celou vrstvu) a taky fakt, že laserem nelze gravírovat. [14] [Tomáš Pažout. Tama-Bohemia s.r.o. (2011). *Konzultant-laserová technologie*.]

## 4.2 Split Laser

Tento laser je produktovou novinkou firmy Seit Elettronica a je určený pro vícehlavové vyšívací stroje. Lasery jsou nainstalovány přímo na vyšívacím stroji. Hlavní rozdíl od klasického laseru je v tom, že díky speciálnímu hranolu je možné rozdělit laserový paprsek na dva, tudíž pro 12 hlav je potřeba 6 SPLIT laserů. Rám již vykonává plynulý pohyb. [Tomáš Pažout. Tama-Bohemia s.r.o. (2011). *Konzultant-laserová technologie*.]

Mezi hlavní výhody patří výkon, vysoká rychlost a velikost pracovní plochy (velké aplikace), mezi nevýhody pak vysoká pořizovací cena v řádech milionů (12 hlav/6 laserů – okolo 5 milionů korun) či rozměry stroje. Tímto laserem nelze gravírovat. Split laser se neustále inovuje a vylepšuje. [Tomáš Pažout. Tama-Bohemia s.r.o. (2011). *Konzultant-laserová technologie*.]

## 4.3 Pulsní mostový laser

### 4.3.1 Obecný popis

Pulsní mostový laser se vyrábí k vyšívacím strojům jako přídatná technologie, která je schopna gravírovat materiál (textil, papír, kov), řezat materiál (textil, papír, plast), řezat vrstvy materiálů (aplikace) a to buď na samostatném stolku, nebo přímo na vyšívacím stroji. Díky této technologii je možné vytvořit i vícevrstvé aplikované výšivky, které se klasickým způsobem nevyrobí. Laser kombinuje několik výrobních procesů, které se provádějí na jednom stole s minimální manipulací materiálu. Mostový laser lze využít i na hotové výrobky. [14] [17] [Tomáš Pažout. Tama-Bohemia s.r.o. (2011). *Konzultant-laserová technologie*.]

Laser je upevněn na mostové konstrukci, která musí být přesně nastavená (zkalibrovaná) s ohledem na vyšívací stroj. Každá hlava stroje se kalibruje zvlášť. Energie je dodávána v pulsech (opakující se frekvence). [14] [17] [Tomáš Pažout. Tama-Bohemia s.r.o. (2011). *Konzultant-laserová technologie*.]



Do technických vlastností laseru, které jsou nezbytné pro bezproblémový chod, patří chladicí soustava. Ta vodou chladí laserový zdroj, napájecí zdroje a galvanometrickou hlavu. Dále sem patří řízení a nastavení ochranného zvonu se systémy pro odvod vznikajícího kouře, nastavení značení hlavy, řídicí software (řídí všechny funkce a propojuje laser s vyšívacím strojem), pohybový systém řízený přímými ovladači (rychlost, atd.) a v neposlední řadě bezpečnostní systém. Mezi nastavitelné parametry pro laserový řez a laserové gravírování patří výkon (intenzita paprsku), pixel time, režim opakování a výška materiálu. [14] [17] [Tomáš Pažout. Tama-Bohemia s.r.o. (2011). *Konzultant-laserová technologie*.]

Pro zajímavost, první mostový laser pro vyšívací stroje byl vynalezen a vyroben v roce 1998 GMI Vittorioem Venetem (Itálie), představen byl ale až v roce 2000 na výstavě IMB v Kolíně nad Rýnem (Německo). [28]

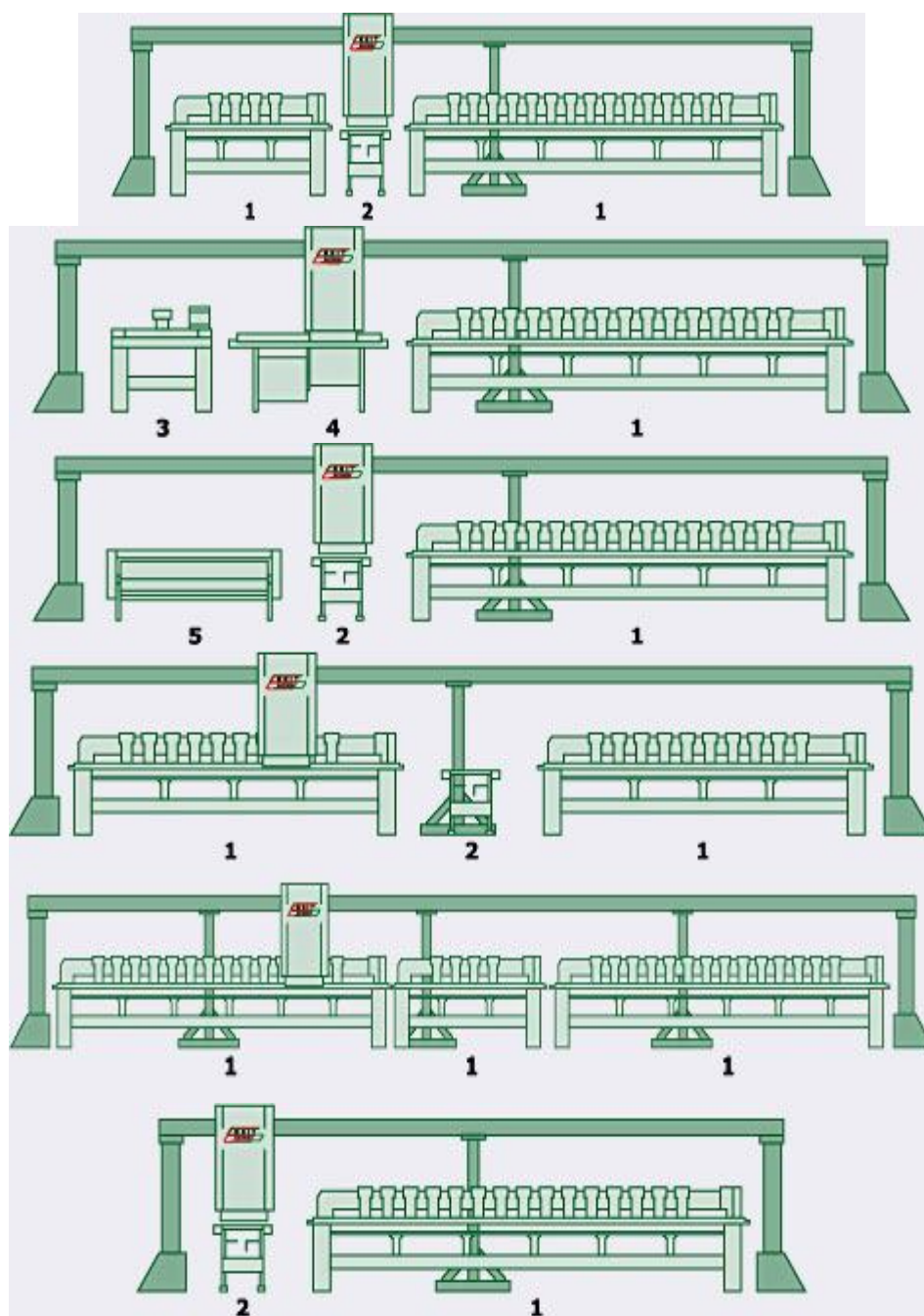


Obrázek 10 - Pulsní mostový laser  
[14]

### 4.3.2 Možnosti instalace mostového laseru

Vysvětlivky k obrázku 11: [14]

1. vícehlavový vyšívací stroj
2. testovací stolek
3. jednohlavový vyšívací stroj
4. plotr pro mostový laser
5. roler pro mostový laser



Obrázek 11 - možnosti instalace mostových laserů

[14]

### 4.3.3 Příklady mostových laserů od společnosti Seit Elettronica

#### Laser Bridge SL-4, SL-5 - „mostový laser SL-4, SL-5“

Mostový laser umožňuje laserové řezání a gravírování hotových výrobků, polotovárů, nášivek a to buď rovnou na vyšívacím stroji nebo na testovacím stole, plotru či roleru. Jedná se o laser pro jednohlavové i vícehlavové vyšívací stroje, díky němuž se mohou snížit náklady (nižší počet stehů) i výrobní časy a tím zvýšit kvalitu a efektivitu. [14]

Pomocí ovládacího softwaru Seit Magic (externí PC, který je se strojem propojený optickými kabely) se nastavují parametry laseru jako je rychlost, síla, tloušťka, ale také má za úkol snížit prostoje, když vyšívací stroj pracuje, zadá laseru jinou práci. Jako programovací software se používá Tajima DG/ML, kde lze využít i křivky z grafických aplikací COREL Draw, či Adobe Illustrator. Seit Laser Design Fusion vytváří design. [14]

Citují: „Oproti modelu SL-4 je stroj SL-5 vybaven mechanismem zdvihání a spouštění laserové hlavy, takže stroj má variabilní řeznou plochu“ podle [14].



Obrázek 12 - Mostový laser SL-4, galvanometrická laserová hlava  
[14]

**Tabulka 3 - Specifikace mostového laseru SL-4**

[17]

<b>Zdroj Laseru</b>	CO2 laser (Standardní / Pulsní)		
<b>Rychlost posuvu hlavy</b>	Max. 2,5 m/s	<b>Nominální výkon (standardní)</b>	25W - 50W - 100W
<b>Rychlost řezu</b>	Max. 9 m/s	<b>Efektivní výkon (standardní)</b>	34W - 68W - 120W
<b>Pracovní plocha</b>	100x100 mm až 300x300 mm	<b>Nominální výkon (pulsní)</b>	100W - 150W
<b>Testovací stůlek</b>	600x600 mm	<b>Efektivní výkon (pulsní)</b>	150W - 375W
<b>Chlazení</b>	Vodou	<b>Délka mostu</b>	dle požadavků zákazníka
<b>Chlazené komponenty</b>	Zdroj laseru, zdroj, hlava s galvanometrickým skenováním		

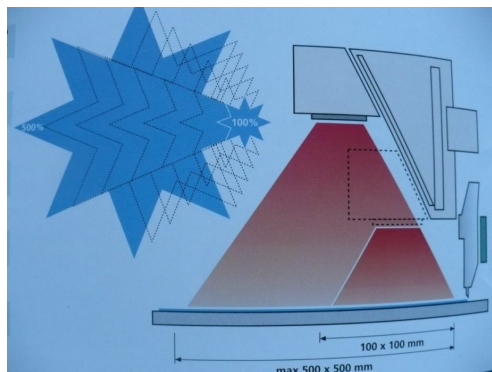
**Tabulka 4 - Specifikace mostového laseru SL-5**

[17]

<b>Zdroj Laseru</b>	CO2 laser (Standardní / Pulsní)		
<b>Rychlost posuvu hlavy</b>	Max. 2,5 m/s	<b>Nominální výkon (standardní)</b>	25W - 60W - 100W
<b>Rychlost řezu</b>	Max. 9 m/s	<b>Efektivní výkon (standardní)</b>	34W - 78W - 120W
<b>Pracovní plocha</b>	500x500 mm - pevná 180x180 ~ 500x500 - variabilní	<b>Nominální výkon (pulsní)</b>	100W - 150W
<b>Testovací stůlek</b>	600x600 mm	<b>Efektivní výkon (pulsní)</b>	150W - 375W
<b>Chlazení</b>	Vodou	<b>Délka mostu</b>	dle požadavků zákazníka
<b>Chlazené komponenty</b>	Zdroj laseru, zdroj, hlava s galvanometrickým skenováním		

### Laser bridge „SL-5 ZOOM“ – „mostový laser SL-5 ZOOM“

Jedná se o nový mostový laser, který je schopen díky systému ZOOM zvětšovat pracovní pole. Díky této revoluci a softwaru Seit Magic se již nemusí pracovat pouze s pracovním polem 300 x 300 mm. Pracovat je možno v rozmezí od 100 x 100 až do 500 x 500 mm. Laser je určený pro vícehlavové vyšívací stroje. Neliší se pouze rozměry pracovní oblasti, ale mění se také průměr laserového paprsku. [14]



**Obrázek 13 - Mostový laser SL-5 ZOOM**

[14]

#### 4.3.4 Součásti a přídatné zařízení k mostovému laseru

##### Scroll bar neboli posuvník

Jedná se o most, na kterém je připevněn laser. Posuvník pohybuje laserem a většinou se vyrábí na míru, jelikož vše závisí na uspořádání prostor firem. Případné prodloužení posuvníku se provádí nejčastěji na levé straně. [14]

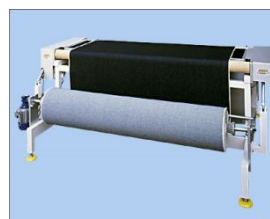
Dále cituji: „posuvník je vyroben ze speciální oceli a frézovaný na třech stranách, aby bylo dosaženo dokonalého sladění na setinu milimetru“ podle [14].



Obrázek 14 - Posuvník s připevněným laserem [14]

##### Roller neboli válec

Roller slouží k navíjení a odvíjení látek. Díky řídicímu softwaru je možné vykonávat práci přímo na roli s přesností a kvalitou. Software také umožňuje automatický přesun práce z vyšívacího stroje na roller a naopak, tudíž se zvýší efektivita a sníží prostoje. [14]



Obrázek 15 - Válec určený k navíjení a odvíjení materiálů [14]

##### Plotter neboli pracovní stůl

Pracovní stůl je umístěn pod mostový laser vedle vyšívacího stroje a je také řízen softwarem. Plotter zaručuje vysokou přesnost řezání a rytí na ploše 1800 x 900 mm. I zde může software střídat práci na vyšívacím stroji za práci na plotru a naopak. [14]



Obrázek 16 - Pracovní stůl pod mostový laser [14]

#### **4.3.5 Příklad výrobce mostové laserové technologie**

##### **Seit Electtronica**

Tato společnost je velmi důležitým partnerem společnosti Tajima (vyšívací stroje). Seit Elettronica již od roku 1979 navrhuje, inovuje a vyrábí stroje pro laserové řezání, gravírování či svařování. Firma se pohybuje přes 25 let na špičce celosvětového trhu. Hlavní sídlo společnosti je v Evropě, konkrétně v Itálii, v městě Valdobbiadene (provincie Treviso, poblíž Benátek a Vicenza), další sídla jsou po celém světě. Hlavními produkty firmy jsou stroje pro indukční pájení a tepelné zpracování; mikro stroje pro použití ve stomatologii, v průmyslu a na šperky; stroje pro laserové značení a pájení v zubních a průmyslových odvětvích či při výrobě šperků; stroje pro brýle; laserové stroje pro textilní odvětví. [14]

Seit vyrábí CO<sub>2</sub> a Nd:YAG lasery a díky moderní technice dokázal vyvinout laserovou mostovou technologii, na kterou obdržel dva patenty. Výrobu těchto laserů společnost zahájila v roce 2001. Technologie prochází i nadále inovacemi. V roce 2004 se společnosti Seit a Tajima stali partnery, důvodem byl vývoj nových laserových zařízení a softwaru. Mostové lasery jsou vyráběny pro vyšívací stroje Tajima, dále Happy, Melco a další. Významné společnosti v České republice, zabývající se mostovou laserovou technologií, jsou k nalezení v příloze 2. [14]

## 5 Experiment část – úvod

Tato část práce má za úkol zjistit a porovnat změny vybraných vlastností denimu před laserovým gravírováním, po laserovém gravírování a po laserovém gravírování s aplikovanou strojní výšivkou. Změn vlastností, po procesu laserového gravírování, může být celá řada, vybrána byla pevnost a tuhost textilie, jelikož je pravidelně namáhaná či určitým způsobem zatěžována a ohýbána. Jedná se o velmi důležité vlastnosti pro zajištění komfortu.

Pro experiment byl vybrán denim, protože byl, je a stále bude patřit mezi nejvýznamnější textilie využívané ve světě módy. Na trhu má důležitou roli a jeho hlavní výhodou je například možnost dosažení opotřebovaného a vybledlého vzhledu, kterého lze dosáhnout různými metodami, například broušením, bělením či alternativou těchto konvenčních technologií a to právě aplikací laseru, jehož proces je prováděn suchou metodou. Gravírování na plochu textilie se nejvíce používá například na denimové bundy či kalhoty. Je známo, že se laserové gravírování využívá v kombinaci se strojní výšivkou, ale jaký vliv bude mít výšivka, aplikovaná přímo na vygravírovaný denim, jak se změní vlastnosti dané textilie, konkrétně pevnost a tuhost textilie, se dozvíme v této práci.

V 1. části experimentu se nachází charakteristika použitého materiálu či popis vybraných měřených vlastností a potřebná zařízení pro odzkoušení vzorků. V další části je popsána výroba a označení vzorků potřebné pro zkoušky, dále následuje statistika výsledků a konečné vyhodnocení výsledků.

## 5.1 Charakteristika materiálu

Jak je již výše zmíněno, pro experiment vybrán denim. Tabulka 5 obsahuje definici denimu, který bude dále povrchově upravován laserovým gravírováním, aplikací strojní výšivky a poté vystaven zkoušce pevnosti, zkoušce pevnosti po běžné údržbě, která je daná výrobcem denimu, a zkoušce tuhosti, spolu s původními vzorky denimu. Podle výrobce se jedná o útkově elastický směsový denim, který je vhodný pro obleky, kostýmy, šaty, kalhoty.

**Tabulka 5 - Definice textilie**

	DENIM
Barva	modrá
Tloušťka h [mm]	1,200
Hmotnost m [g]	3,85
Dostava - osnova [nití/10cm]	285
Dostava - útek [nití/10cm]	190
Materiálové složení	86% bavlna, 12% PAD, 2% EA Osnova – bavlna Útek – EA + bavlna EA + PAD
Vazba	Kepr – twill 2/1 Z
Objemová měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	320,83
Plošná měrná hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]	0,385

### 5.1.1 Vzorek materiálu



## 5.2 Pevnost v tahu

Pevnost v tahu určuje norma ČSN EN ISO 800812 z prosince roku 1999, která stanovuje postup pro získávání maximální síly a tažnosti při maximální síle. Postup využívá metodu Strip, což je tahová zkouška, kde je šířka vzorku (na obou stranách) upnuta v čelistech přístroje. Metoda je vhodná pro plošné textilie. Pevnost v tahu se vyjadřuje v Newtonech [N].

### Zařízení pro zkoušení pevnosti textilie - Testometric M350-5CT

Hlavním úkolem zkoušky je zjišťování odporu, na který působí vnější síly. Pevnost textilií se nejčastěji zjišťuje zatížením v tahu (tažná pevnost), to znamená silou, která je potřebná k přetržení materiálu. Měření se provádí na vzorcích v osnovním a útkovém směru. Standardní vzorek pro toto zařízení má rozměry 50x300 mm (200 mm – upínací délka) a je upínán do dvou čelistí, vzdálenost čelistí od sebe je nastavitelná. Dolní čelist je pevná, pohyb vykonává pouze horní čelist. [6]

Testometric M350-5CT je řízen počítačem a využívá program winTest™ Analysis, což je více-funkční software, který podporuje specifikace zkoušek a to pevnost v tahu, v tlaku, průhyb, lpění, trhání, průraz, adhezi, stříh, cyklování, tvrdost. Data testů jsou automaticky ukládány a snadno se exportují do Wordu, Excelu, Accessu. Vylepšenou verzí tohoto programu je program winTest™ Reports, který je schopen analyzovat data a umožňuje vytvoření statistických protokolů, dále vytváří dlouhodobé statistiky a kontrolní grafy daných výpočtů. [6]

Tabulka 6 - Základní specifikace Testometric M350-5CT  
[6]

<b>Kapacita [kN]</b>	5	<b>Rychlost snímání dat</b>	Max 12kHz do 200Hz rámu.
<b>Pracovní prostor - výška [mm]</b>	1275	<b>Rozměry š x h x v</b>	590 x 450 x 1575
<b>Tuhost rámu [kN/mm]</b>	50	<b>Hmotnost [kg]</b>	156
<b>Dráha příčnicku / rozlišení v mm</b>	1200 x 0.001	<b>Napájení</b>	115 nebo 230V 1ph 50/60Hz.
<b>Pracovní šíře v mm</b>	295	<b>Teplota pracovního prostředí [°C]</b>	-10 až +40
<b>Přesnost rychlosti</b>	+/- 0.1% za stálých podmínek.	<b>Vlhkost pracovního prostředí</b>	+10 až +90%
<b>Rychlost - rozsah [mm/min]</b>	0.001 - 2000	<b>Provedení stroje</b>	Stolní
<b>Vedení příčnicku</b>	Lineární vedení příčnicku.	<b>Silové články</b>	5N, 10N, 20N, 100N, 250N, 500N, 1kN, 2.5kN, 3kN, 5kN Maximálně lze použít 4
<b>Max síla v plné rychlosti [kN]</b>	5	<b>Čep Ø [mm]</b>	20
<b>Max rychlost v úplném zatížení [mm/min]</b>	2000	<b>Příkon [kW]</b>	0.45



Obrázek 17 - Zařízení Testometric M350-5CT pro testování pevnosti  
[6]

### 5.3 Tuhost textilie

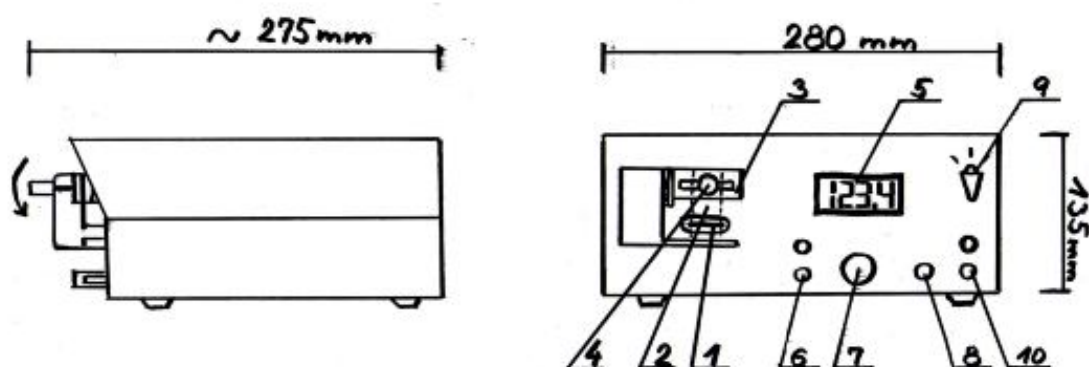
Tuhost textilie je definována jako odolnost plošné textilie vůči ohýbání vlastní vahou či vnějším zařízením. Je dána normou ČSN 800858 Zkoušení tuhosti a pevnosti plošných textilií. Zařízení používané k této zkoušce je tuhoměr TH-5, naměřené síly jsou vyjádřeny v mN.

#### **Zařízení pro zkoušení tuhosti v ohybu - Tuhoměr TH-5**

Hlavním úkolem zkoušky je zjistit sílu, potřebnou k ohybu vzorku textilie do úhlu  $60^\circ$ . Měří se rub i líc vzorku materiálu, který má rozměry 25x50 mm. Zkouška spočívá v upnutí vzorku do čelisti, která vykonává pohyb do úhlu  $60^\circ$ . Textilie se v úhlu  $60^\circ$  dotýká čidla, naměřenou hodnotu síly sledujeme na číselném ukazateli a zapisujeme hodnotu každého vzorku. Poté se postupuje podle dané normy.

**Tabulka 7 - Základní specifikace zařízení tuhoměr TH-5**

<b>Rozsah měření</b>	1: 0-19,99 mN 2: 0-199,9 mN 3: 0-1,999 N
<b>Úhel ohybu</b>	60°
<b>Přesnost měření</b>	2%
<b>Napájecí napětí</b>	220 V, 50 Hz
<b>Proud</b>	0,03 A
<b>Hmotnost</b>	5 kg
<b>Rozměry</b>	Viz. následující obrázek 19



**Obrázek 18 - Popis zařízení TH-5**

**Vysvětlivky k obrázku 18:**

- |   |                  |    |                                      |
|---|------------------|----|--------------------------------------|
| 1 | opěrné čidlo     | 6  | síťový vypínač se signálkou – SÍŤ    |
| 2 | měřený vzorek    | 7  | nastavení nuly na ukazateli - NULA   |
| 3 | otočná čelist    | 8  | tlačítko - PAMĚŤ                     |
| 4 | upínač čelisti   | 9  | přepínač rozsahu měření – 1, 2, 3    |
| 5 | číselný ukazatel | 10 | vypínač měření se signálkou - MĚŘENÍ |

## 5.4 Příprava vzorků

Tento experiment má za úkol zjistit vliv laserového gravírování a aplikace strojní výšivky na pevnost a tuhost textilie.

Vzorky nejprve podstoupí povrchovou úpravou (laserové gravírování) pomocí laserového zařízení 150 flexi Marcatex , poté se na část vzorků aplikuje strojní výšivka na vyšívacím automatu Tajima TEJT-IIC “NEO“, při standardních klimatických podmínkách: teplota vzduchu 20,2°C a relativní vlhkost vzduchu 65,2%. Na závěr je část vzorků, určená pro zkoušku pevnosti po běžné údržbě, vystavena praní v automatické pračce značky AEG Lavamat 72850.

### 5.4.1 Zařízení na přípravu vzorků

- **150 flexi Marcatex**

150 Flexi Marcatex je CO2 laserový systém od firmy Easy Laser a slouží k řezání, gravírování či svařování. Maximální pracovní plocha je 800 x 800 mm. Marcatex vyzařuje laserový paprsek, jehož vlnová délka je 10,6  $\mu\text{m}$ . Více informací kapitola 2.4.1 – CO2 laser – carbon dioxide laser.

Laserový přístroj je složen z následujících částí: laserový rezonátor – kde se vytváří laserový paprsek, optická trubice, optická skříň – všechny optické systémy, značící hlava, PC jednotka, centrální PC modul, zdroj proudu, radiofrekvenční zdroj. [5]

#### **Základní parametry PC a softwaru:**

- PC Pentium (procesor)
- CD
- Pevný disk 40 GB
- 15“ plochá obrazovka
- Windows XP
- Podporuje formáty BMP, JPG, DXT



Obrázek 19 - CO2 laser 150 flexi Marcatex

- **Tajima TEJT-IIC NEO**

Tento ramenový jednohlavový vyšívací automat vytváří výšivky vázaným stehem. Je určený především pro malosériovou výrobu a nejčastější využití je aplikace výšivky na plocho na hotové výrobky, rozešité výrobky či dokonce na čepice a reklamní produkty. Více informací v příloze číslo 1. [18]



Obrázek 20 - Vyšívací stroj Tajima TEJT-IIC NEO  
[18]

- **Automatická pračka AEG Lavamat 72850**

Tato automatická pračka je běžně používána pro domácí praní. Jedná se o pračku s inteligentními automatickými funkcemi, která je plněna zepředu.

**Technická data:**

- Energetická třída – A++
- Maximální počet otáček – 1200 otáček/minuta
- Maximální náplň pračky – 7 kg
- Displej – LCD
- Počet program – 19
- Spotřeba vody cca – 45 l
- Celková hmotnost pračky – 74,7 kg

#### **5.4.2 Příprava vzorků – pevnost v tahu**

Pro zjištění pevnosti jsou potřeba vzorky původních tkanin a vzorky po aplikaci laserového gravírování a výšivky v osnovním i útkovém směru. Na závěr je část vzorků vystavena běžné údržbě. Rozměr vzorku je 50 x 300 mm.

Je nutné vytvořit tři sady vzorků, první sadu vzorků bez běžné údržby, druhou sadu vzorků, která podstoupí jeden cyklus praní a třetí sadu vzorků, která podstoupí pět cyklů praní v automatické pračce. Sada vzorků obsahuje 3 vzorky daných rozměrů po osnově a 3 vzorky po útku původní textilie. Stejných rozměrů jsou laserovým gravírováním vytvořeny 2x3 vzorky od každého nastavení laseru (pixel time – 3 nastavení) ve směru osnovy a 2x3 vzorky od každého nastavení laseru ve směru útku. Jednou jsou vzorky vystaveny zkoušce pevnosti jen po aplikaci laseru a po druhé po aplikaci laseru a strojní výšivky.



**Obrázek 21 - Ukázka přípravy vzorků**

### Nastavení parametrů – Marcatex 150 Flexi

- Značená plocha vzorku: 50 x 300 mm
- Tabulka zadaných hodnot denimu:

**Tabulka 8 - Hodnoty nastavení parametrů laseru - vzorky - pevnost**

	DUTY CYCLE	PIXEL TIME
1	Původní vzorek	
2	30%	100
3	30%	150
4	30%	200

### Nastavení parametrů – Tajima TEJT2-C “NEO“

- Typ tkaniny: denim
- Rozměry výšivky na vzorek ve směru osnovy denimu: 30 x 30 mm
- Druh výšivky: Tatami 30 – komplexní výplň (vrchní nit' - 100% viskóza, spodní nit' - 100% bavlna)
- Druh použitého rámečku: trubkový rámeček
- Podkladový materiál: netkaná textilie
- Umístění výšivky: střed vzorku
- 

### Automatická pračka AEG Lavamat 72850

- Teplota: 40°C
- Počet otáček: 1200 ot./min.
- Doba praní: 55 min.
- Prací prostředek: Dalli color – výrobce Německo

### Vzorky





Obrázek 22 - Vzorky původního denimu pro zkoušku pevnosti



Obrázek 23 - Pevnost - vzorky denimu - 100 pixel, 100 pixel + strojní výšivka





Obrázek 24 - Pevnost - vzorky denimu - 150 pixel, 150 pixel + strojní výšivka



Obrázek 25 - Pevnost - Vzorky denimu - 200 pixel, 200 pixel + strojní výšivka

### 5.4.3 Příprava vzorků – tuhost v ohybu

Pro zkoušku je třeba proměřit 6 vzorků po osnově, z toho 3 po rubu a 3 po lici, 6 vzorků po útku, z toho 3 po rubu a 3 po lici. Tato sada je vytvořena z původní textilie, z textilie po aplikaci laseru (3 nastavení pixel time) a z textilie po aplikaci laseru (3 nastavení pixel time) a strojní výšivky. Vzorek má rozměr 2,5 x 5 cm a nesmí být pomačkaný či deformovaný.

#### Nastavení parametrů – Marcatex 150 Flexi

- Značená plocha vzorku ve směru osnovy denimu: 30 x 50 mm
- Tabulka zadaných hodnot:

Tabulka 9 - Hodnoty nastavení parametrů laseru - vzorky - tuhost

	DUTY CYCLE	PIXEL TIME
1	Původní vzorek	
2	30%	100
3	30%	150
4	30%	200

#### Nastavení parametrů – Tajima TEJT2-C “NEO“

- Typ tkaniny: denim
- Rozměry výšivky na vzorek: 30 x 30 mm
- Druh výšivky: Tatami 30 – komplexní výplň (vrchní nit' - 100% viskóza, spodní nit' - 100% bavlna)
- Druh použitého rámečku: trubkový rámeček
- Podkladový materiál: netkaná textilie
- Umístění výšivky: střed vzorku

#### Vzorky



Obrázek 26 - Vzorky pro zkoušku tuhosti na TH-5

## 5.5 Zkouška pevnosti

Připravené vzorky se musejí nechat aklimatizovat a poté jsou postupně odzkoušeny, na testovacím zařízení pevnosti Testometric M350-5CT, v pořadí 1-sada vzorků bez údržby, poté 2-sada vzorků po 1 cyklu praní a na konec 3-sada vzorků po 5-ti cyklech praní. Z naměřených hodnot se vypočítají výsledky za pomoci statistiky, konkrétně průměr, směrodatná odchylka a variační koeficient.



Obrázek 27 - Zkouška pevnosti

### 5.5.1 Nastavení parametrů – Testometric M350-5CT

Tabulka 10 - Hodnoty nastavení parametrů zařízení Testometric M350 - CT k samotné zkoušce pevnosti vzorků

Síla v kN	500
Rychlost mm/min.	100
Délka vzorku mezi čelistmi v mm	200
Šířka vzorku v mm	50
Tloušťka vzorku v cm	0,78
Předpětí v N	2

### 5.5.2 Výsledky zkoušky pevnosti

Výsledky zkoušky pevnosti jsou dané průměrnými hodnotami, které jsou vypočítané ze třech jednotlivých měření a zaokrouhlené na celá čísla. Souhrn výsledků, dané statistickými výpočty, se nachází v následující tabulce 11. Tabulky a grafy s naměřenými hodnotami jednotlivých vzorků se nacházejí v příloze 3.

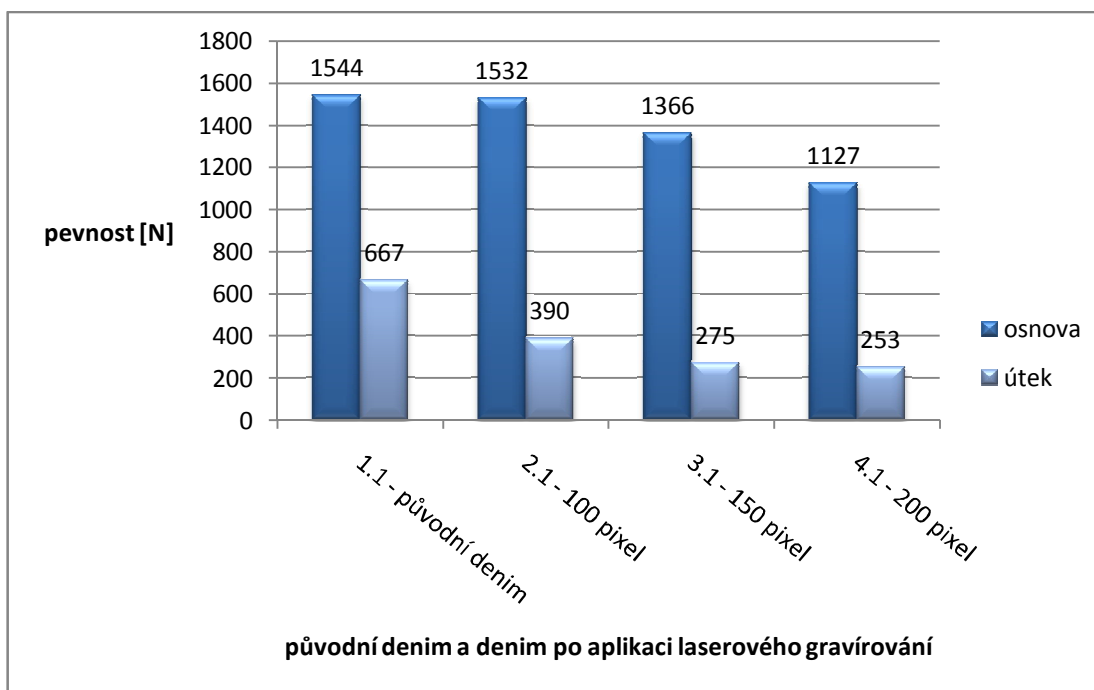
**Tabulka 11 - Souhrn výsledků pevnosti**

				Průměr naměřených hodnot pevnosti [N]	Rozptyl	Směrodatná odchylka [N]	Variační koeficient [%]
1 – původní denim	1.1 – bez údržby		a	<b>1544</b>	<b>733</b>	<b>27</b>	<b>2</b>
			b	667	482	22	3
	1.2 – 1x údržba		a	<b>1489</b>	<b>8587</b>	<b>93</b>	<b>6</b>
			b	657	246	16	2
	1.3 – 5x údržba		a	<b>1574</b>	<b>5529</b>	<b>73</b>	<b>5</b>
			b	664	1017	32	5
2 – 100 pixel	2.1 – bez údržby	2.1.1 – bez výšivky	a	<b>1532</b>	<b>17432</b>	<b>132</b>	<b>9</b>
			b	390	253	16	4
		2.1.2 – s výšivkou	a	<b>1439</b>	<b>5163</b>	<b>72</b>	<b>5</b>
			b	472	42	7	1
	2.2 - 1x údržba	2.2.1 – bez výšivky	a	<b>1359</b>	<b>10397</b>	<b>102</b>	<b>8</b>
			b	373	3189	57	15
		2.2.2 – s výšivkou	a	<b>1310</b>	<b>7268</b>	<b>85</b>	<b>7</b>
			b	468	2096	46	10
	2.3 – 5x údržba	2.3.1 – bez výšivky	a	<b>1476</b>	<b>5132</b>	<b>72</b>	<b>5</b>
			b	486	2125	46	10
		2.3.2 – s výšivkou	a	<b>1418</b>	<b>20779</b>	<b>144</b>	<b>10</b>
			b	450	478	22	5
3 – 150 pixel	3.1 – bez údržby	3.1.1 – bez výšivky	a	<b>1366</b>	<b>687</b>	<b>26</b>	<b>2</b>
			b	275	499	22	8
		3.1.2 – s výšivkou	a	<b>1385</b>	<b>2093</b>	<b>46</b>	<b>3</b>
			b	338	264	16	5
	3.2 - 1x údržba	3.2.1 – bez výšivky	a	<b>1165</b>	<b>328</b>	<b>18</b>	<b>2</b>
			b	235	444	21	9
		3.2.2 – s výšivkou	a	<b>1248</b>	<b>1761</b>	<b>42</b>	<b>3</b>
			b	301	8	3	1
	3.3 – 5x údržba	3.3.1 – bez výšivky	a	<b>1473</b>	<b>12040</b>	<b>110</b>	<b>8</b>
			b	307	826	29	9
		3.3.2 – s výšivkou	a	<b>1522</b>	<b>1846</b>	<b>43</b>	<b>3</b>
			b	322	330	18	6
4 – 200 pixel	4.1 – bez údržby	4.1.1 – bez výšivky	a	<b>1127</b>	<b>388</b>	<b>20</b>	<b>2</b>
			b	253	66	8	3
		4.1.2 – s výšivkou	a	<b>1194</b>	<b>2675</b>	<b>52</b>	<b>4</b>
			b	332	464	22	7
	4.2 - 1x údržba	4.2.1 – bez výšivky	a	<b>1067</b>	<b>9874</b>	<b>99</b>	<b>9</b>
			b	213	577	24	11
		4.2.2 – s výšivkou	a	<b>1143</b>	<b>4981</b>	<b>71</b>	<b>6</b>
			b	279	276	17	6
	4.3 – 5x údržba	4.3.1 – bez výšivky	a	<b>1399</b>	<b>2893</b>	<b>54</b>	<b>4</b>
			b	246	728	27	11
		4.3.2 – s výšivkou	a	<b>1331</b>	<b>9692</b>	<b>99</b>	<b>7</b>
			b	316	13	4	1

### 5.5.3 Hodnocení zkoušky

Hodnoty výsledků zkoušek jsou zaokrouhleny na celá čísla.

#### Vliv laserového gravírování na pevnost denimu:



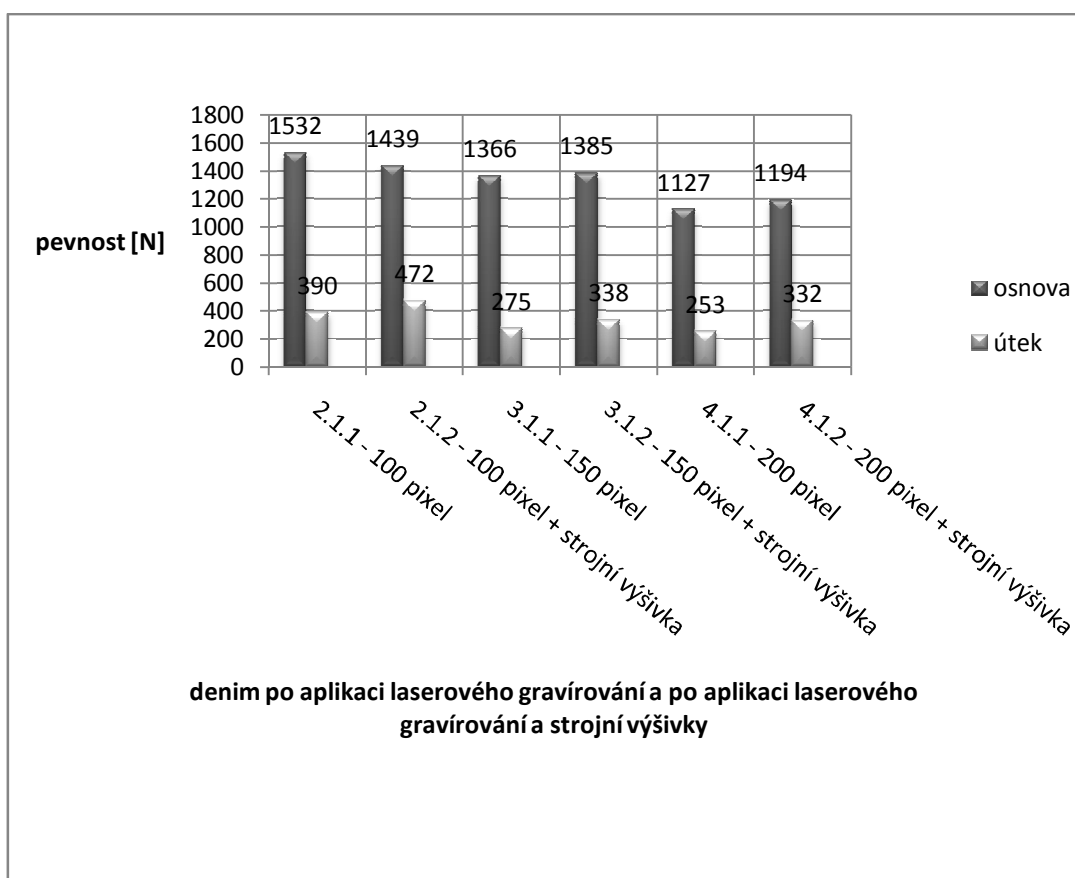
Graf 1 - Výsledky pevnosti původního denimu a denimů po aplikaci laserového gravírování

Pevnost původního denimu po osnově je 1544 N a po útku 667 N, z toho plyne, že pevnost původního denimu ve směru útku je o 57% nižší než pevnost ve směru osnovy. Vlivem aplikaci laserového gravírování na původní denim pevnost denimu klesá, dochází k odpařování materiálu. Čím vyšší hodnota pixelů při nastavení laseru, tím větší poškození a změna struktury nití, a vyšší úbytek textilie, což zapříčiní snižování pevnosti textilie.

Denim po aplikaci laserového gravírování 100 pixel má průměrnou hodnotu pevnosti velmi podobnou pevnosti denimu původního denimu ve směru osnovy. Velký pokles pevnosti je zaznamenán ve směru útku, kde se pevnost rapidně sníží, až o 42% oproti pevnosti původní textilie ve směru útku. Přidáním 50-ti pixel se pevnost dále snižuje, a to jak ve směru osnovy, tak i ve směru útku. Při posledním nastavení laseru, 200 pixel, pevnost klesla oproti pevnosti původní textilie ve směru osnovy o 27% a ve směru útku o 62%. Je obecně známo, že útkové nitě jsou slabší než osnovní, proto je pravděpodobné, že vyšší pokles pevnosti, po aplikaci laserového gravírování, ovlivnilo

více denim ve směru útku. Útkové nitě daného denimu jsou vyrobeny ze syntetických materiálů, což je dalším negativním vlivem na pevnost denimu po aplikaci laseru, jelikož teplo, které vzniká absorpcí záření, může nitě natolik narušit, že změní svou strukturu. Vzorky byly i zváženy, ale hodnoty se od sebe výrazně neliší, hmotnostní rozdíl mezi původním denimem a denimem po aplikaci laserového gravírování 200 pixel je něco málo přes 3%.

#### Vliv strojní výšivky na pevnost denimu po aplikaci laserového gravírování:



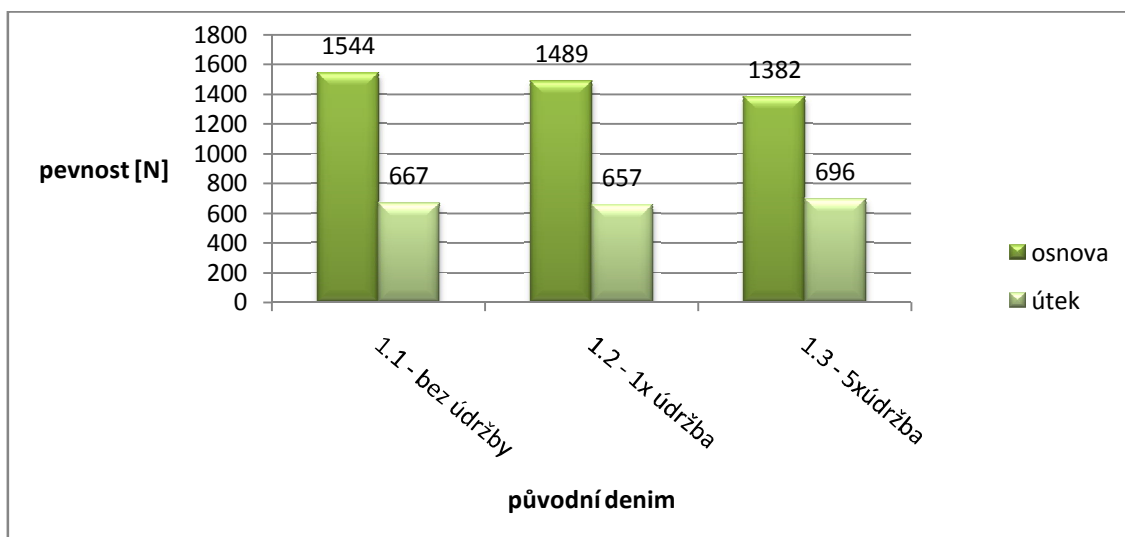
**Graf 2 - Výsledky pevnosti denimů po aplikaci laserového gravírování a denimů po aplikaci laserového gravírování a strojní výšivky**

Z těchto výsledků je patrné, že pevnost aplikací strojní výšivky na denim, po aplikaci laserového gravírování ve směru útku, stoupá, pevnost se zvyšuje o zhruba 20–30%, výšivka zpevnila slabší útkové nitě.

U nastavení 100 pixel (laser) strojní výšivka, po směru osnovy, pevnost sníží, ale s každým přidáním 50-ti pixel, strojní výšivka naopak pevnost vygravírované textilie zvyšuje, zpevňuje, jelikož vyšším nastavením pixel jsou více poškozovány osnovní nitě, které již nejsou tak pevné.

## Vliv praní na pevnost původního denimu a denimu po aplikaci laserového gravírování různého nastavení pixel:

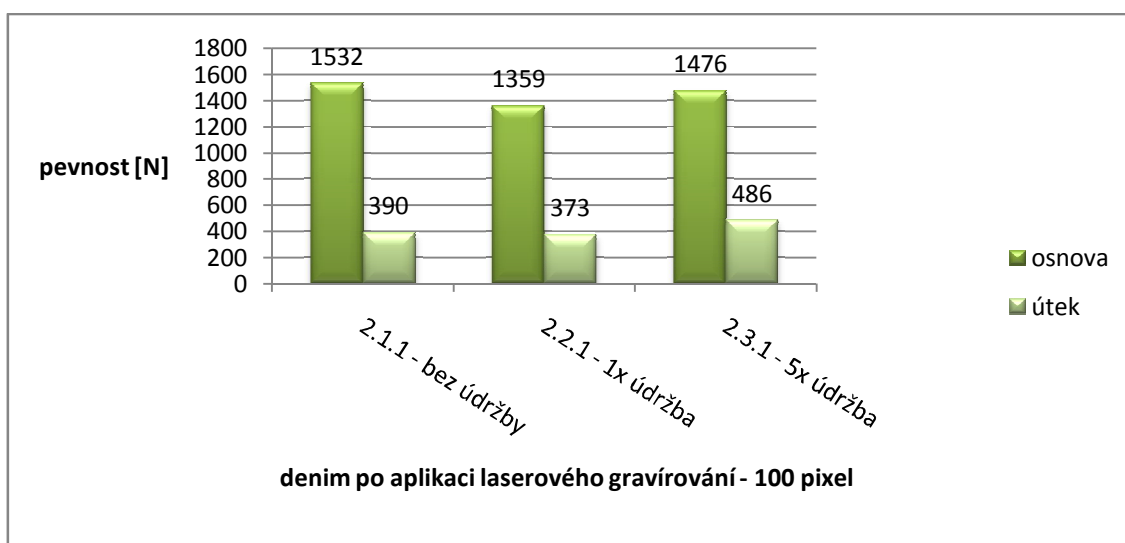
- 1 původní denim



Graf 3 - Výsledky pevnosti původního denimu před údržbou a po údržbě

Již z 1. grafu, kde byl vystaven původní denim běžné údržbě – praní, je zřejmé, že údržba velmi ovlivňuje pevnost denimu. V tomto případě pevnost denimu, ve směru osnovy i ve směru útku, po jednom cyklu údržby klesá. Po 5. cyklu údržby pevnost původního denimu opět klesá, oproti denimu bez údržby se pevnost sníží o 10,5% . U denimu ve směru útku jsou si hodnoty pevností velmi podobné, nenastává žádná výrazná změna.

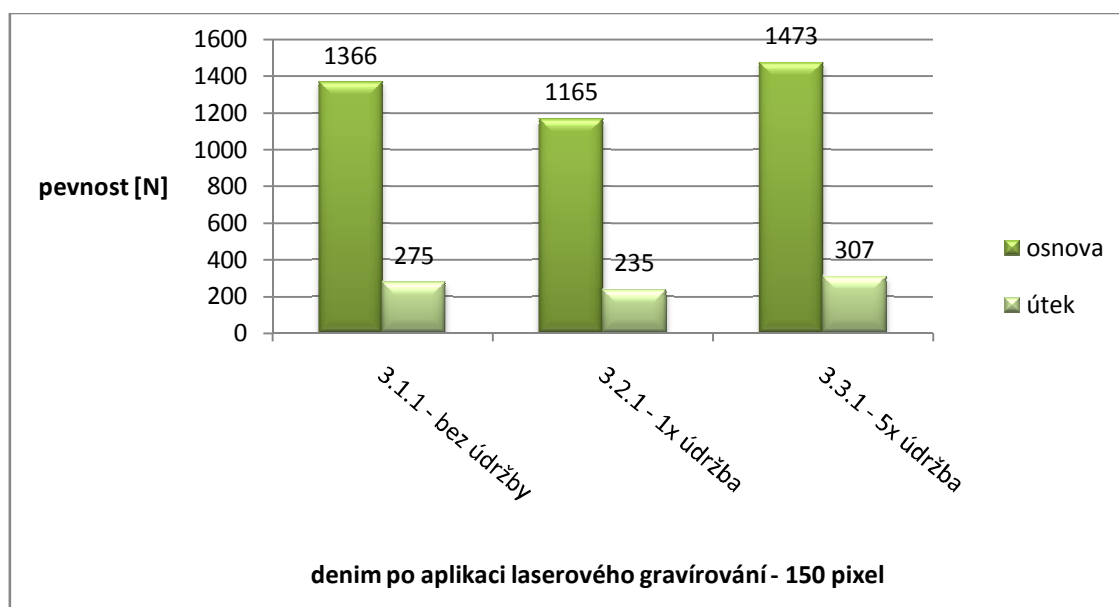
- 2 denim po aplikaci laserového gravírování – 100 pixel



Graf 4 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 100 pixel, před údržbou a po údržbě

V tomto případě se pevnost denimu, po aplikaci laserového gravírování – 100 pixel, vlivem údržby vždy po 1. cyklu sníží, ve směru osnovy a ve směru útku, oproti pevnosti vygravírovaného denimu bez údržby. Po 5-ti cyklech údržby pevnost opět stoupá, ve směru útku pevnost vzrostla a má vyšší hodnotu než vygravírovaný denim bez údržby o 25%. Ve směru osnovy sice pevnost údržbou vzrostla oproti výsledkům po 1 cyklu údržby o 8,6%, ale oproti vygravírovanému denimu bez údržby pevnost decentně klesla.

- **3 denim po aplikaci laserového gravírování – 150 pixel**

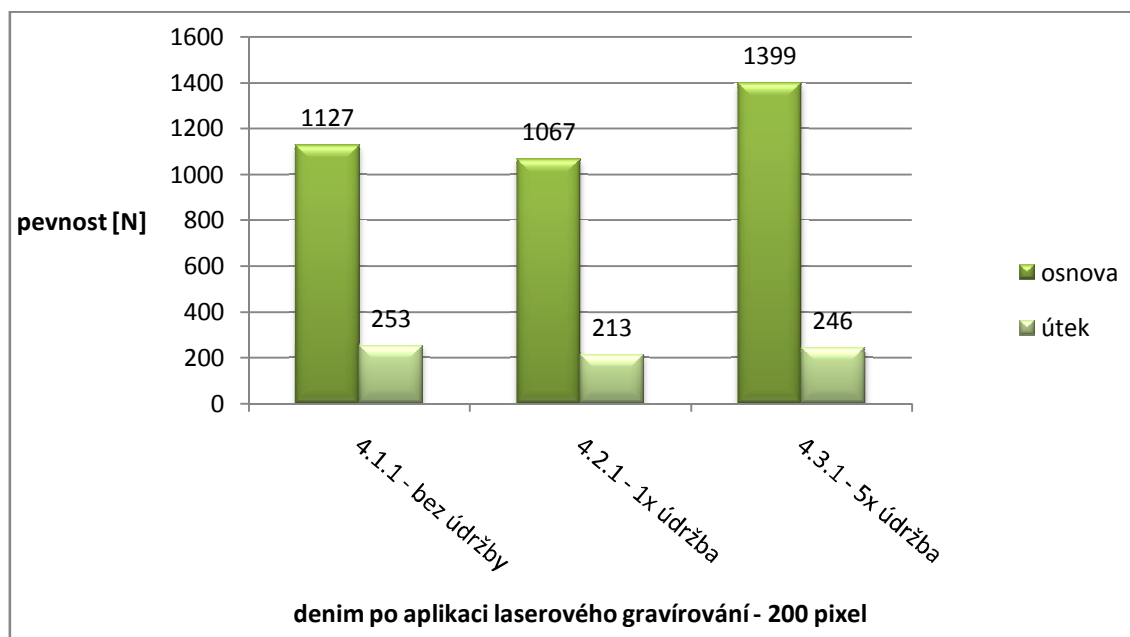


**Graf 5 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 150 pixel, před údržbou a po údržbě**

Po přidání 50 pixel na laseru se výsledky opět liší. Po 1 cyklu údržby se hodnoty pevnosti snižují, ve směru osnovy i ve směru útku o 15% oproti hodnotám pevnosti bez údržby. Po 5-ti cyklech údržby se hodnoty zvyšují a jsou dokonce vyšší než hodnoty pevnosti bez údržby. Ve směru osnovy se hodnoty zvýšily o skoro 8% a ve směru útku o 11,6%.



- **4 denim po aplikaci laserového gravírování – 200 pixel**



**Graf 6 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 200 pixel, před údržbou a po údržbě**

V posledním případě, kde se pracuje s denimem po aplikaci laserového gravírování – 200 pixel, se výsledky opět liší od předchozích. Nejprve po 1 cyklu údržby se hodnoty pevnosti sníží oproti hodnotám pevnosti bez údržby ve směru osnovy i ve směru útku. Po 5-ti cyklech údržby se hodnota pevnosti ve směru osnovy zvýší oproti hodnotě pevnosti bez údržby o 24%, kdežto ve směru útku se pevnost zvýší ve srovnání s pevností po 1 cyklu údržby o 15,5%, ale při srovnání s pevností bez údržby je hodnota pevnosti podobná, o něco nižší.

#### **Shrnutí:**

Podle předchozích zpracovaných výsledků lze tvrdit, že vlivem údržby se hodnoty pevnosti dále mění. V případě původního denimu se pevnost po 1 cyklu údržby snížila jak v osnovním, tak i v útkovém směru, po 5-ti cyklech údržby pevnost v osnovním směru stále klesá, ale ve směru útku pevnost naopak roste. To samé platí i v druhém případě, denim po aplikaci laserového gravírování – 100 pixel, liší se pouze v tom, že ve směru osnovy po 5. cyklu praní už pevnost dále neklesá, ale stoupá a má skoro stejnou hodnotu pevnosti jako před údržbou. Mezi nastavením laseru 100 a 150 pixel je jaká si hranice, kdy se po 5-ti cyklech údržby zvyšuje pevnost vygravírovaných denimů ve směru osnovy i ve směru útku oproti denimu bez údržby. U posledního nastavení laseru na 200 pixel se pevnost denimu ve směru osnovy po 5-ti cyklech údržby opět

zvyšuje, to ale již nelze říct o pevnosti útku, zde po jednom cyklu praní pevnost klesá a po 5-ti cyklech údržby sice vzroste, ale je nižší než denim před údržbou.

Pokles všech hodnot po 1 cyklu praní má zřejmě na svědomí kombinace laserového gravírování a 1. údržby denimu, to mohlo způsobit narušení nití či odeprání zbytků po aplikaci laseru. Na původním denimu byl zjištěn fakt, že vlivem 5-ti cyklů údržby narůstá hustota dostavy o 10% ve směru osnovy a o více než 5% ve směru útku. Také proto se vlivem údržby zvýší nebo nezmění hodnoty pevnosti méně pevných útkových nití, za to u osnovních nití jsou, vlivem 5-ti cyklů údržby snižovány hodnoty pevnosti až do té doby, kdy již jsou, vlivem laserového gravírování, také méně pevné a nastane obrát a údržba osnovní nitě zpevňuje. Kladné zjištění z této zkoušky je, že při vhodném nastavení parametrů laseru, může údržba zvyšovat pevnost vygravírované textilie.

**Vliv údržby na pevnost denimů po aplikaci laserového gravírování, různých nastavení pixel – 100,150,200, a strojní výšivky:**

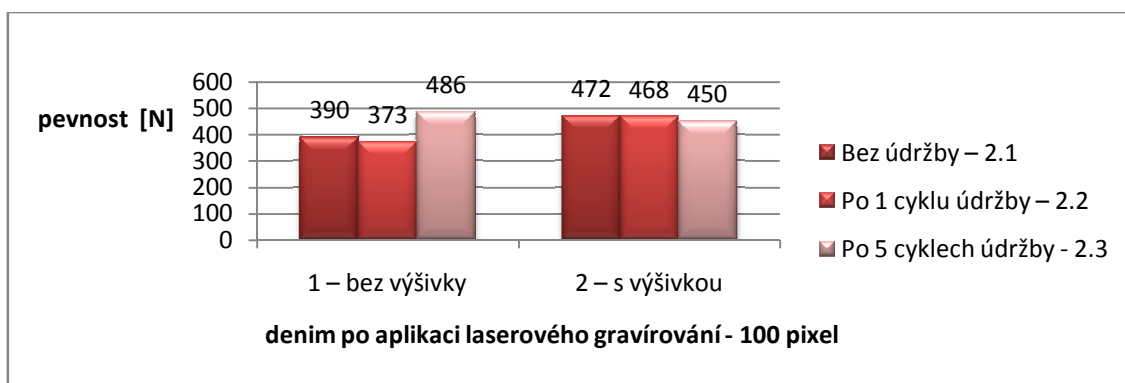
- **2- laserové gravírování 100 pixel 1 x laserové gravírování 100 pixel a strojní výšivka 2**

**Osnova:**



**Graf 7 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 100 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, po údržbě a před údržbou ve směru osnovy**

## Útek:

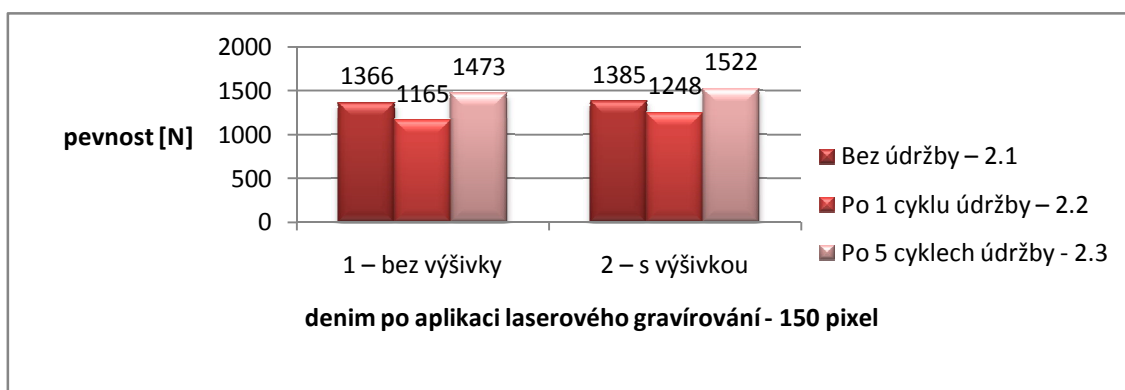


**Graf 8 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 100 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru útku**

Výšivka zapříčiní při aplikaci na denim ve směru osnovy, po laserovém gravírování – 100 pixel, mírné klesání hodnot pevnosti oproti hodnotám pevnosti bez výšivky a to jak u denimu bez údržby, tak po 1 cyklu údržby a 5-ti cyklech údržby. Co se týče útku, tak zde se hodnoty pevnosti bez údržby výšivkou zvyšují o 21%, to samé platí po 1 cyklu údržby, i zde se hodnoty pevnosti zvyšují aplikací strojní výšivky o více jak 25%. Po 5-ti cyklech praní jsou hodnoty pevnosti denimu ve směru útku s aplikovanou strojní výšivkou nižší než hodnoty pevnosti denimu bez strojní výšivky.

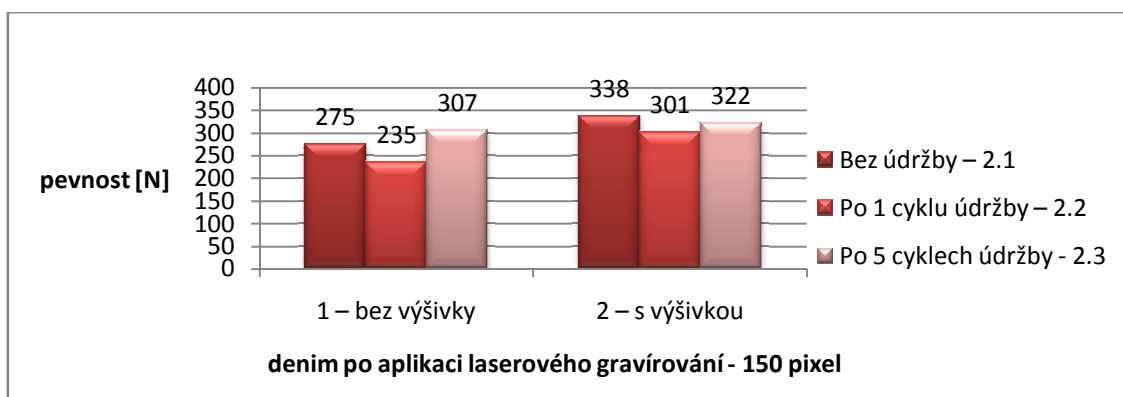
- **3 - laserové gravírování 150 pixel 1 x laserové gravírování 150 pixel a strojní výšivka 2**

## Osnova:



**Graf 9 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 150 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru osnovy**

## Útek:



**Graf 10 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 150 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru útku**

Z grafů 9 a 10 vyplývá, že denim, po aplikaci laserového gravírování – 150 pixel, vlivem aplikací strojní výšivky pevnost zvyšuje a to jak v osnovním směru, tak i ve směru útku, na které má výšivka pochopitelně větší vliv, v některých případech až o 25%.

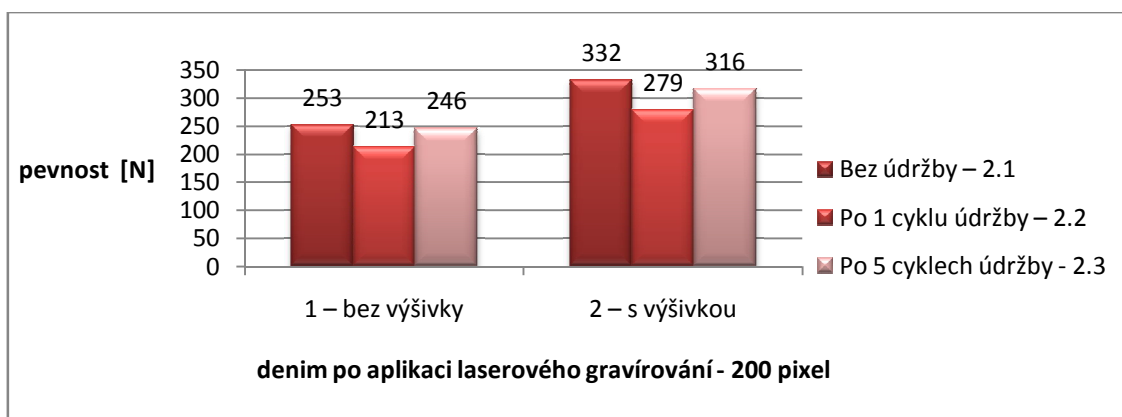
- 4 - laserové gravírování 200 pixel 1 x laserové gravírování 200 pixel a strojní výšivka 2

## Osnova:



**Graf 11 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 200 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru osnovy**

## Útek:



**Graf 12 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 200 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru útku**

Z výsledků vyplývá, že strojní výšivka i nadále zvyšuje pevnost denimu po aplikaci laserového gravírování – 200 pixel, ve směru útku až o 31%, ve směru osnovy se pevnost také zvyšuje. Výjimka je u denimu ve směru osnovy, kdy po 5-ti cyklech údržby sice rostou hodnoty pevnosti ve srovnání s hodnotami po 1 cyklu údržby, ale ve srovnání s denimem bez údržby jsou hodnoty pevnosti velmi podobné, zanedbatelně nižší. Ve směru útku pevnost, aplikací strojní výšivky, opět roste, podobně jak je tomu v předchozích případech a to o necelých 29%.

## Shrnutí:

Pevnost denimu po aplikaci laserového gravírování a strojní výšivky má ve většině případů vyšší pevnost než pouze po aplikaci laserového gravírování bez strojní výšivky. Týká se to hlavně útkových nití, strojní výšivka je zpevňuje, neplatí to pouze v případě, kdy je vygravírovaný denim, 100 pixel, ve směru útku vystaven 5-ti cyklům údržby, kdy jsou hodnoty skoro shodné, zanedbatelný rozdíl.

Také při nižším nastavení pixelů, 100 pixel, jsou hodnoty pevnosti vygravírovaného denimu, ve směru osnovy, negativně ovlivněny strojní výšivkou, jelikož před narušením vygravírovaného denimu dojde dříve k přetržení a narušení strojní výšivky. Při dalším nastavení pixelů – 150, nastává obrat a strojní výšivka zvyšuje hodnoty pevnosti vygravírovaného denimu ve směru osnovy i útku. Vlivem aplikace laserového gravírování – 150 pixel na denim se sníží pevnost osnovních a útkových nití natolik, že výšivka naopak pevnost denimu (nití) zvyšuje. U denimu po aplikaci laserového

gravírování – 200 pixel se vlivem strojní výšivky opět hodnoty pevnosti zvyšují, neplatí to pouze v případě, kdy má denim ve směru osnovy, po 5-ti cyklech údržby, podobné hodnoty pevnosti, zanedbatelně nižší než denim bez údržby, ale to může být chyba v měření.

## 5.6 Zkouška tuhosti

Před zkouškou tuhosti musíme nechat vzorky aklimatizovat a poté postupně odzkoušet a výslednou naměřenou hodnotu každého vzorku zaznamenat. Z výsledků jednotlivých zkoušek jsou vypočítány aritmetické průměry a další statistické výpočty, zvlášť pro líc a rub a zvlášť pro směr osnovy a útku. Aritmetické průměry naměřených hodnot jsou dosazeny do vzorce, který je dán normou a pomocí kterého získáme výsledné hodnoty tuhosti v podobě ohybového momentu v mN cm.

Vzorec:

$$M_o = F_1 * K,$$

kde K je konstanta 0,604 pro předepsanou šířku vzorku 2,5 cm a F1 je průměr naměřených hodnot vyjádřený v mN.



Obrázek 28 - Zařízení pro zkoušku tuhosti TH-5

### 5.6.1 Výsledky zkoušky

Výsledky zkoušky tuhosti jsou dané průměrnými hodnotami, které jsou vypočítané ze třech jednotlivých měření po lici a třech jednotlivých měření po rubu, zaokrouhlené na celá čísla. Souhrn výsledků, dané statistickými výpočty, se nachází v tabulce 12. Poté následuje výpočet tuhosti, pomocí vzorce podle dané normy, která je vyjádřena jako ohybový moment. Tabulka s naměřenými hodnotami jednotlivých vzorků se nacházejí v příloze 4.

Vysvětlivky k tabulkám .....

- 1 6 vzorky původní textilie
- 2 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 100 pixel
- 3 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 100 pixel a výšivky
- 4 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 150 pixel
- 5 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 150 pixel a výšivky
- 6 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 200 pixel
- 7 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 200 pixel a výšivky

**Tabulka 12 - Výsledky naměřených hodnot na TH-5, vyjádřené pomocí statistiky**

	Průměr naměřených hodnot [mN]				Rozptyl				Směrodatná odchylka [N]				Variační koeficient [%]			
	osnova		útek		osnova		útek		osnova		útek		osnova		útek	
	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
1	165	156	18	30	323	7	0,2	6	18	3	0,4	2	11	2	1,3	8
2	175	158	21	30	228	318	2	3	15	18	2	2	9	11	11	6
3	225	204	387	505	73	31	450	258	9	6	21	16	4	3	6	3
4	154	153	22	31	30	15	9	3	6	4	3	2	4	3	6	13
5	164	191	283	438	111	325	810	597	11	18	29	24	6	9	10	6
6	156	146	22	29	225	144	16	4	15	11	4	2	10	7	18	7
7	201	207	283	521	842	27	185	237	29	15	14	15	14	3	5	3

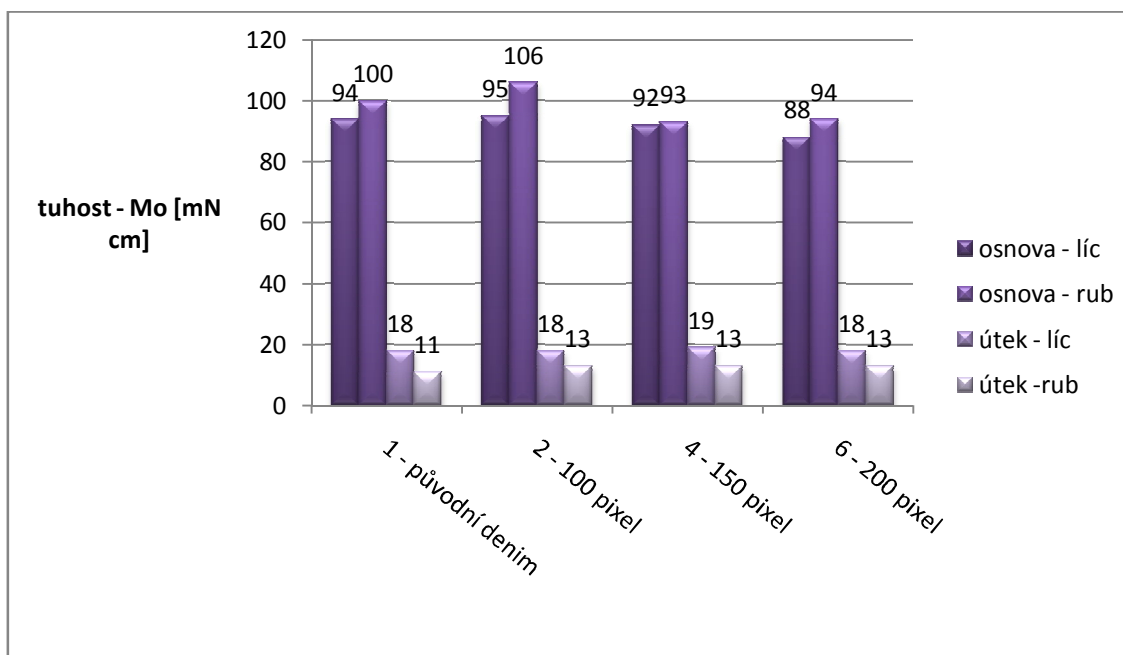
**Tabulka 13 - Průměrné hodnoty tuhosti, vyjádřené jako Mo**

	Tuhost, vyjádřená jako Mo [mN cm]			
	osnova		útek	
	líc	rub	líc	rub
1	94	100	18	11
2	95	106	18	13
3	123	136	305	233
4	92	93	19	13
5	115	99	264	171
6	88	94	18	13
7	125	121	314	171

### 5.6.2 Hodnocení zkoušky

Hodnoty výsledků zkoušek jsou zaokrouhleny na celá čísla.

#### Vliv laserového gravírování na tuhost denimu:



**Graf 13 - Vliv laserového gravírování na tuhost denimu – výsledky**

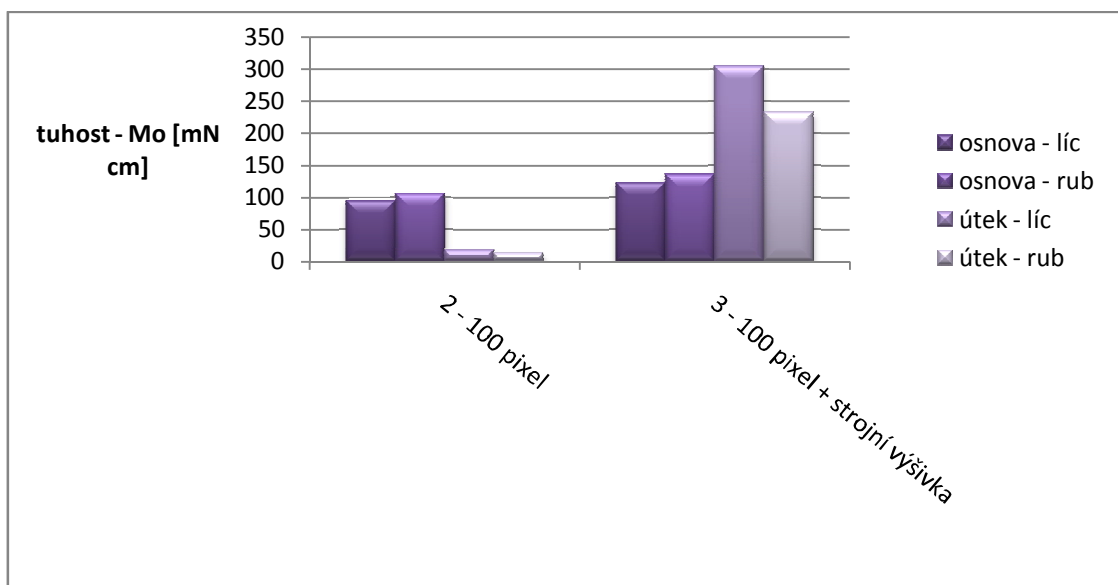
Vyšší hodnoty tuhosti vykazují naměřené hodnoty původního denimu po líci ve směru osnovy, ve směru útku je hodnota tuhosti o 81% nižší, po rubu je hodnota tuhosti také vyšší ve směru osnovy, útek má o 89% nižší tuhost. To platí i v dalších případech po aplikaci laserového gravírování, osnova má vždy vyšší hodnoty tuhosti než útek.



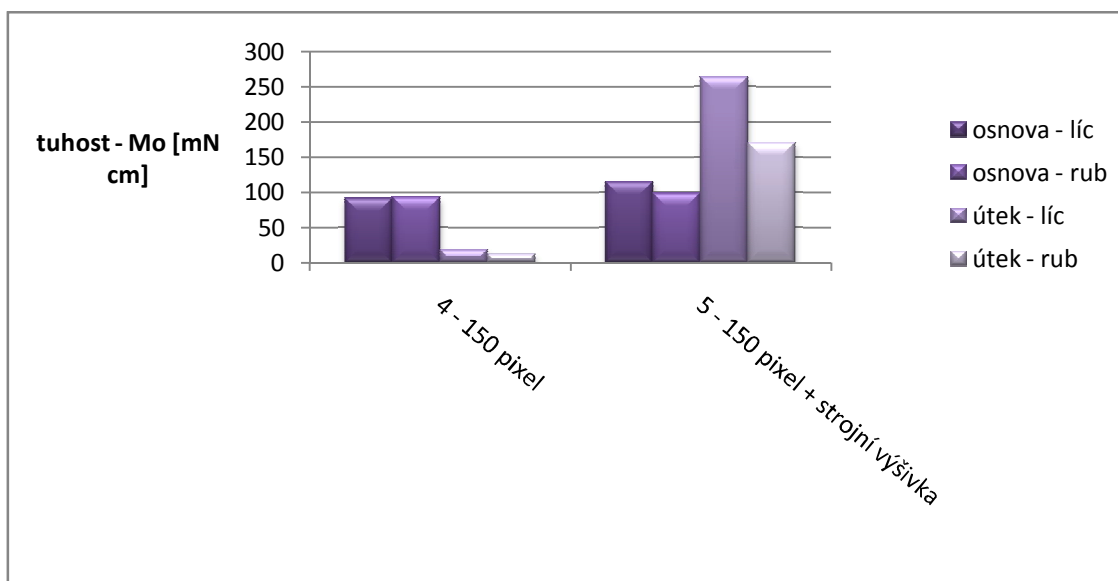
Lícni strany ve směru osnovy mají vyšší hodnoty tuhosti po líci než hodnoty po rubu, ve směru útku je to naopak, vyšší hodnoty tuhosti jsou po rubu.

Ze zkoušky je zřejmé, že se vlivem laserového gravírování výsledky hodnot tuhosti výrazně neovlivní a nezmění, jsou si velmi podobné jak v osnovním, tak i v útkovém směru, po líci i rubu.

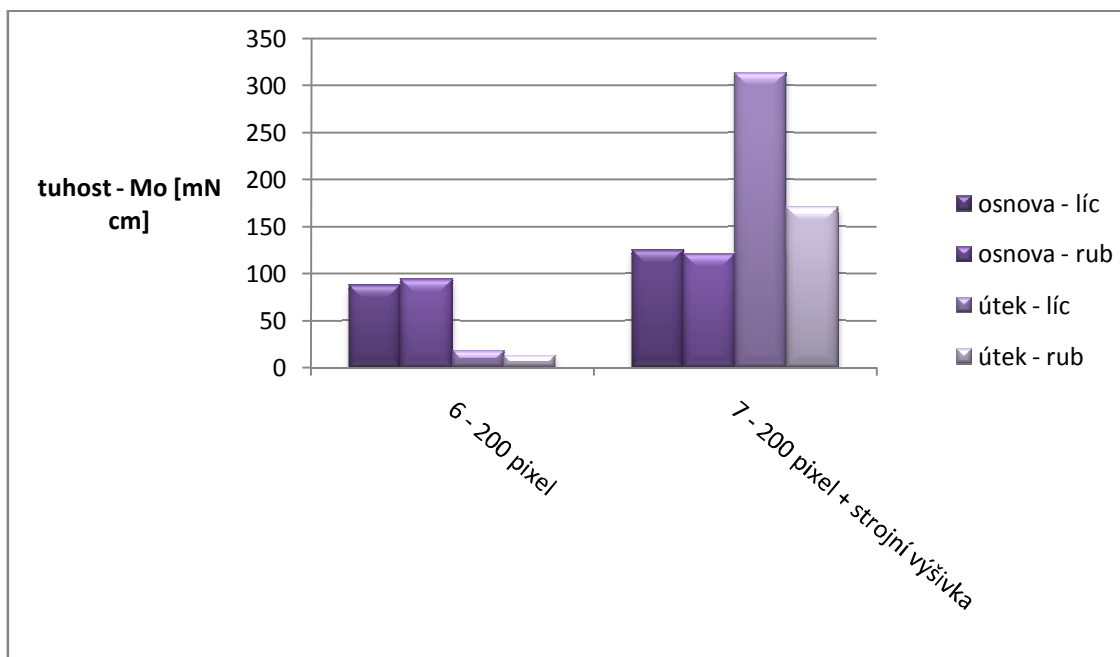
#### Vliv výšivky na tuhost textilií po aplikaci laserového gravírování různých nastavení pixel:



Graf 14 - Vliv strojní výšivky na tuhost denimu po aplikaci laserového gravírování - 100 pixel



Graf 15 - Vliv strojní výšivky na tuhost denimu po aplikaci laserového gravírování - 150 pixel



**Graf 16 - Vliv strojní výšivky na tuhost denimu po aplikaci laserového gravírování - 200 pixel**

Z grafů a tabulek vyplývá, že výšivka velmi ovlivňuje tuhost denimů po aplikaci laserového gravírování různých nastavení pixel, více však ve směru útku, kde aplikací strojní výšivky na vygravírované textilie zvýší tuhost až 18 krát oproti hodnotám tuhosti denimů po aplikaci laserového gravírování, zvýšíme tuhost útkových nití. Ve směru osnova zvýší výšivka tuhost denimů po aplikaci laserového gravírování různých nastavení pixel o 25-43% po rubu a o 7-21% po lici.

### **Shrnutí:**

Z výsledků a hodnocení této zkoušky jasně plyne, že laserové gravírování zvyšováním pixel nijak zásadně neovlivňuje tuhost ve směru osnova i útku a to jak po lici, tak i po rubu. Dále je z výsledků jisté, že výšivka zvyšuje tuhost denimů po aplikaci laserového gravírování, v některých případech až o 42 % ve směru osnova, ve směru útku jsou hodnoty tuhosti po aplikaci strojní výšivky několikanásobně vyšší a to by mělo jistě negativní vliv jak na trvanlivost, tak i komfortnost denimu při využití například na kalhoty v oblastech ohybů a podobně. Při jiném využití denimu nemusí mít vždy vyšší tuhost negativní vliv na užívání, to se týká například reklamních předmětů či doplňků, které jsou namáhány a deformovány méně, je vyšší tuhost nijak zvlášť neovlivní.

## Závěr

Cílem bakalářské práce je vyhodnocení, do jaké míry ovlivňuje aplikace laserového gravírování s různým nastavením pixel v kombinaci se strojní výšivkou užité vlastnosti dané textilie. Teoretická část práce popisuje laserové gravírování v kombinaci se strojní výšivkou. Experimentální část obsahuje samotné zkoušení dané textilie, výsledky a hodnocení. Pro experiment byl vybrán denim, protože patří k velmi používaným textiliím pro aplikaci laserového gravírování a stále patří mezi populární textilie ve světě módy. Měřené a zkoušené vlastnosti v experimentu jsou pevnost a tuhost, jelikož patří mezi nejdůležitější vlastnosti textilie po aplikaci laserového gravírování, které je nutno sledovat a řešit, důvod – použití textilie, tvorba dalších aplikací či tvorba určitých efektů.

Z hodnocení zkoušek plyne, že aplikací laserového gravírování dochází ke snížení pevnosti materiálů, které může být žádoucí i nežádoucí podle toho, jakého efektu chceme dosáhnout. Čím vyšší hodnoty pixel, tím nižší pevnost materiálu. Samozřejmě je nutné brát ohled na složení, strukturu či použitou technologii při výrobě materiálů.

Aplikace výšivky také velice ovlivňuje pevnost tkaniny. Při aplikování výšivky na vygravírovaný materiál je nutné zhodnotit umístění výšivky, směr ukládání stehů či specifikace materiálu, na který bude výšivka aplikována (vazba, materiálové složení). Aplikace laserového gravírování výrazně snižuje pevnost, při aplikaci výšivky na tuto aplikaci se pevnost dále mění, záleží na spoustě faktorů, ale v první řadě na vazbě tkaniny. Jedná-li se o vazbu osnovní, výšivka dále snižuje pevnost vygravírované tkaniny po osnově (výšivka se přetrhne dříve) a naopak zvyšuje pevnost po útku vygravírované tkaniny. Jsou-li ale osnovní nitě poškozeny laserovým gravírováním (vyšší hodnoty pixel) více, pak nastává obrat a strojní výšivka zvyšuje pevnost textilie i ve směru osnovy. Výšivku nelze aplikovat na každý vygravírovaný materiál, existují hranice pevnosti, které jsou vhodné pro aplikace, většinou se jedná o nízké hodnoty nastavení parametrů laseru.

Co se týká pevnosti denimů po jednom cyklu údržby, tak hodnoty pevnosti klesají u všech vzorků a to i s aplikovanou strojní výšivkou, příčinou je kombinace laserového gravírování s údržbou, došlo k odstranění zbytků a nečistot po aplikaci laseru. Po pěti cyklech údržby hodnoty opět stoupají, jelikož se praním zhutňuje dostava denimu o 5-10%.

Na tuhost denimu nemá laserové gravírování zásadní dopad, hodnoty tuhosti jsou velmi podobné, decentně klesají a to jak ve směru osnovy, tak i ve směru útku, ale strojní výšivka aplikovaná na denim naopak zvyšuje tuhost denimů. Strojní výšivka zvyšuje více pevnost denimů ve směru útku, jelikož má slabší nitě a stranu lící, protože je výšivka aplikovaná na líc. Samozřejmě, že tuhost ovlivňují i další vlivy, jako směr vyšití výšivky, hustota výšivky, podkladový materiál, a podobně.

U denimu po aplikaci laserového gravírování a strojní výšivky je nutné brát na zřetel použití textilie, jelikož k některým účelům jsou tyto aplikace nevhodné, ale například při použití na doplňky či reklamní zboží, kde je textilie méně namáhána a ohýbána, mohou být vhodné a nikterak vlastnosti (pevnost a tuhost) neovlivní.

## Seznam literatury

- [1] Babič Dušan, Sidorenko Alexej. Navyš.cz [online]. [2012] [cit. 2012-02-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.navys.cz>>
- [2] Bellis Mary. About.com [online]. [2012] [cit. 2012-02-08]. Dostupný z WWW: <<http://inventors.about.com/od/lstartinventions/ss/LaserWorks.htm>>
- [3] ČEZ, a. s. *Laser a jeho využití* [online]. [2012] [cit. 2012-03-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/obsah.htm>>
- [4] DreamSites.cz. Ponny-dekor. *Gravírování, řezání a značení CO2 laserem* [online]. [2009] [cit. 2011-11-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.ponny-dekor.cz/gravirovani-sablony.aspx>>
- [5] Epilog laser [online]. [2009] [cit. 2012-11-11]. Dostupný z WWW: <[http://www.epiloglaser.com/tl\\_fabric](http://www.epiloglaser.com/tl_fabric)>
- [6] Grant Cooper. *Testometric M350* [online]. [2008] [cit. 2011-11-28]. Dostupný z WWW: <[http://www.labcontrol.cz/Testometric\\_PDF/M350\\_5CT.pdf](http://www.labcontrol.cz/Testometric_PDF/M350_5CT.pdf)>
- [7] Kachtík Lukáš. *Laser-vše o laserech* [online]. [2011] [cit. 2012-02-09]. Dostupný z WWW: <<http://lasery.wz.cz>>
- [8] Kan C W, Yuen C W M, Cheng C W. [2010]. *Study of the effect of CO2 laser surface engraving on the colour properties of denim fabric. Coloration Technology*. [cit. 2012-01-18]. Page 126, 365–371.
- [9] Koos spol. s.r.o. [online]. [2012] [cit. 2012-02-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.koos.cz>>
- [10] Miton cz. Pams.cz [online]. [2012] [cit. 2012-02-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.pams.cz/prakticke-informace/technologie/vysivani-technologie>>
- [11] Ing. Novák Miroslav, Lasery a optika. *Základní princip laseru a jejich dělení* [online]. [2011] [cit. 2011-11-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.lao.cz/serial-princip-a-typy-laseru.htm>>
- [12] Proel S.r.l. *Electronic systems for embroidery and laser cutting technology* [online]. [2012] [cit. 2012-02-28]. Dostupný z WWW: <[http://www.proel.it/laser/galvanometer\\_laser\\_main\\_en.htm](http://www.proel.it/laser/galvanometer_laser_main_en.htm)>
- [13] Ing. Řasa Jaroslav, CSc. Ing. Jindrová Radka, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, MM Průmyslové spektrum. *Lasery, laserové technologie a stroje s laserem* [online]. [2006] [cit. 2011-12-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/lasery-laserove-technologie-a-stroje-s-laserem.html>>
- [14] Seit-electronica [online]. [2012] [cit. 2012-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.seitlaser.it>>
- [15] Štech Karel. Český kutil.cz, s.r.o. *Technika gravírování je oblíbená i dnes* [online]. [2009] [cit. 2011-02-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.ceskykutil.cz/technika-gravirovani-je-oblibena-i-dnes-1>>
- [16] Šulc Jan. *Lasery a jejich aplikace* [online]. [2002] [cit. 2011-11-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.plslaser.cz/pdf/lasery.pdf>>
- [17] Tama-Bohemia s.r.o. [online]. [2012] [cit. 2011-11-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.tama-bohemia.cz>>
- [18] Tajima group [online]. [2010] [cit. 2011-10-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.tajima.com>>

- [19] Thoma Patrik, Svettisku.cz, Reklamní produkce. *Gravírování-technologie úpravy materiálu* [online]. [2005] [cit. 2012-02-01]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=1564&buxus\\_svettisku=fld1af869672eefa1d9aa181597f4308](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=1564&buxus_svettisku=fld1af869672eefa1d9aa181597f4308)>
- [20] Webglobal.cz, Kříž.cz [online]. [2012] [cit. 2012-02-02]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.kriz.cz/text/cs/gravirovani-a-rezani-textilu-laserem.aspx>>
- [21] Wikipedie.cs. *CO2 laser* [online]. [2011] [cit. 2012-02-08]. Dostupný z WWW:  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/CO2\\_laser](http://cs.wikipedia.org/wiki/CO2_laser)>
- [22] Wikipedie.cs. *Gravírování* [online]. [2009] [cit. 2011-02-05]. Dostupný z WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Grav%C3%ADrov%C3%A1n%C3%AD>>
- [23] Wikipedie.cs. *Vyšívání* [online]. [2012] [cit. 2011-02-05]. Dostupný z WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Vy%C5%A1%C3%ADv%C3%A1n%C3%AD>>
- [24] Wikipedie.cs. *Laser* [online]. [2012] [cit. 2011-09-26]. Dostupný z WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>>
- [25] Wikipedie.en. *Engraving* [online]. [2012] [cit. 2012-02-08]. Dostupný z WWW:  
<<http://en.wikipedia.org/wiki/Engraving>>
- [26] Wikipedie.en. *CO2 laser* [online]. [2012] [cit. 2012-02-08]. Dostupný z WWW:  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/CO2\\_laser](http://en.wikipedia.org/wiki/CO2_laser)>
- [27] Wikipedie.en. *Laser engraving* [online]. [2012] [cit. 2012-02-08]. Dostupný z WWW:  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/Laser\\_engraving](http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_engraving)>
- [28] Wikipedie.en. *Laser cutting bridge* [online]. [2012] [cit. 2012-02-08]. Dostupný z WWW:  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/Laser\\_cutting\\_bridge](http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_cutting_bridge)>
- [29] M. Vrbová, H. Jelínková, P. Gavrilov. *Úvod do laserové techniky*. Odborná literatura, vydání: ČVUT, 1994
- [30] Kolektiv autorů pod vedením M. Vrbové *Lasery a moderní optika*. Odborná encyklopedie, vydání: Prometheus, 1994

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Ukázka aplikace laserového gravírování na denimu .....	13
Obrázek 2 - První rubínový laser .....	15
Obrázek 3 - Základní schéma laseru .....	16
Obrázek 4 - Základní princip laseru .....	16
Obrázek 5 - Princip CO2 laseru .....	18
Obrázek 6 - Galvanometrický laserový systém.....	20
Obrázek 8 - Ukázka použití laserové technologie a strojní výšivky v textilu .....	24
Obrázek 7 - Ukázka aplikované výšivky .....	24
Obrázek 9 - Laser pro jednohlavový vyšivací stroj.....	27
Obrázek 10 - Pulsní mostový laser.....	29
Obrázek 11 - možnosti instalace mostových laserů.....	30
Obrázek 12 - Mostový laser SL-4, galvanometrická laserová hlava .....	31
Obrázek 13 - Mostový laser SL-5 ZOOM .....	32
Obrázek 15 - Válec určený k navíjení a odvíjení materiálů .....	33
Obrázek 14 - Posuvník s připevněným laser.....	33
Obrázek 16 - Pracovní stůl pod mostový laser.....	33
Obrázek 17 - Zařízení Testometric M350-5CT pro testování pevnosti .....	38
Obrázek 18 - Popis zařízení TH-5.....	39
Obrázek 19 - CO2 laser 150 flexi Marcatex .....	41
Obrázek 20 - Vyšivací stroj Tajima TEJT-IIC NEO.....	41
Obrázek 21 - Ukázka přípravy vzorků .....	42
Obrázek 22 - Vzorky původního denimu pro zkoušku pevnosti .....	44
Obrázek 23 - Pevnost - vzorky denimu - 100 pixel, 100 pixel + strojní výšivka .....	44
Obrázek 24 - Pevnost - vzorky denimu - 150 pixel, 150 pixel + strojní výšivka .....	45
Obrázek 25 - Pevnost - Vzorky denimu - 200 pixel, 200 pixel + strojní výšivka .....	45
Obrázek 26 - Vzorky pro zkoušku tuhosti na TH-5 .....	46
Obrázek 27 - Zkouška pevnosti .....	47
Obrázek 28 - Zařízení pro zkoušku tuhosti TH-5.....	58

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Vhodné materiály pro aplikaci laserového gravírování.....	21
Tabulka 2 - Postupy při výrobě aplikací pomocí laseru a vyšívacího stroje .....	25
Tabulka 3 - Specifikace mostového laseru SL-4.....	32
Tabulka 4 - Specifikace mostového laseru SL-5.....	32
Tabulka 5 - Definice textílie .....	36
Tabulka 6 - Základní specifikace Testometric M350-5CT .....	37
Tabulka 7 - Základní specifikace zařízení tuhoměr TH-5 .....	39
Tabulka 8 - Hodnoty nastavení parametrů laseru - vzorky - pevnost .....	43
Tabulka 9 - Hodnoty nastavení parametrů laseru - vzorky - tuhost.....	46
Tabulka 10 - Hodnoty nastavení parametrů zařízení Testometric M350 - CT k samotné zkoušce pevnosti vzorků .....	47
Tabulka 11 - Souhrn výsledků pevnosti .....	48
Tabulka 12 - Výsledky naměřených hodnot na TH-5, vyjádřené pomocí statistiky.....	59
Tabulka 13 - Průměrné hodnoty tuhosti, vyjádřené jako Mo.....	60



## Seznam grafů

Graf 1 - Výsledky pevnosti původního denimu a denimů po aplikaci laserového gravírování.....	49
Graf 2 - Výsledky pevnosti denimů po aplikaci laserového gravírování a denimů po aplikaci laserového gravírování a strojní výšivky .....	50
Graf 3 - Výsledky pevnosti původního denimu před údržbou a po údržbě.....	51
Graf 4 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 100 pixel, před údržbou a po údržbě.....	51
Graf 5 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 150 pixel, před údržbou a po údržbě.....	52
Graf 6 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 200 pixel, před údržbou a po údržbě.....	53
Graf 7 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 100 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, po údržbě a před údržbou ve směru osnovy .....	54
Graf 8 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 100 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru útku .....	55
Graf 9 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 150 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru osnovy .....	55
Graf 10 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 150 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru útku .....	56
Graf 11 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 200 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru osnovy .....	56
Graf 12 - Výsledky pevnosti denimu po aplikaci laserového gravírování - 200 pixel, bez strojní výšivky a se strojní výšivkou, před údržbou a po údržbě ve směru útku .....	57
Graf 13 - Vliv laserového gravírování na tuhost denimu – výsledky .....	60
Graf 14 - Vliv strojní výšivky na tuhost denimu po aplikaci laserového gravírování - 100 pixel .....	61
Graf 15 - Vliv strojní výšivky na tuhost denimu po aplikaci laserového gravírování - 150 pixel .....	61
Graf 16 - Vliv strojní výšivky na tuhost denimu po aplikaci laserového gravírování - 200 pixel .....	62

## Seznam příloh

Příloha 1 - Vyšívací stroje Tajima, software Tajima DG/LM by .....	71
Příloha 2 - Významné společnosti v České republice - mostová laserová technologie .....	73
Příloha 3 - Naměřené hodnoty a grafy na zařízení Testometric M350-5CT .....	74
Příloha 4 - Naměřené hodnoty na zařízení TH-5 .....	86

## Přílohy

### Příloha 1 - Vyšívací stroje Tajima, software Tajima DG/LM by

#### Vyšívací stroje Tajima

Stroje Tajima se exportují do celého světa (přes 100 zemí). Mezi nejvýznamnější produkty firmy patří multi-vyšívací stroje (multi-barevné výšivky). Tajima nabízí jednohlavové, univerzální, ploché, tamburovací a kordovací vyšívací stroje. Výšivky na strojích Tajima jsou vyráběny klasickým vázaným stehem (standardní vyšívací stroj), řetízkovým stehem, tamburovaným stehem, flitry, dále výšivky v kombinaci s řezáním laserovým paprskem nebo kombinace stehů na jednom stroji, a to například steh vázaný, řetízkový a tamburovaný, nebo kombinace vázaného stehu s laserovým řezem. Stroje mohou být s různým počtem hlav (kolik hlav, tolik výšivek na jednom stroji), dodávaný počet hlav je **1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 30, 50**. [18]

Základní funkce vyšívacích strojů:

- nejnovější vývoje snižují strojům hlučnost
- ukládání stehových podmínek a dat výšivek na diskety (pro opakovanou výrobu či pro další stroje)
- automatické opakování vzorů (až 99 krát, v horizontálním i vertikálním směru, opakování může probíhat i nepřetržitě)
- zvýšení nebo snížení délky stehu
- pohyb rámu dopředu/dozadu
- návrat rámu po zastavení stroje na původní místo
- automatické i ruční vypnutí
- automatické řezací zařízení
- kapacita paměti 1.000.000 stehů nebo 2.000.000 stehů, každý jednotlivý stroj může ukládat rozdílný počet návrhů (například **TFMX-C – 200 návrhů**) [18]

## Software Tajima DG/LM by Pulse

Jedná se o velice výkonný vyšivací software pro vyšivací stroje Tajima. Díky pokročilých funkcí (písmo, speciální stehové efekty, vyšívání a tvorba z vektorů) software vytvoří jedinečné vyšivky. [18]

Firma Pulse úzce spolupracuje s Tajima Industries (výrobce vyšivacích strojů), a s firmami Corel a Adobe Alliance Partner, kteří podporují grafiku softwaru (CorelDRAW ® a Adobe ® Illustrator ®). Jako první vyšivací společnost získala před více než 8 lety certifikaci od firmy Microsoft a nedávno získala ocenění „Certified by Vista”, tudíž software splňuje přísná kritéria Microsoftu. [18]

Mezi nejrychlejší a hlavně nejjednodušší způsob vytvoření vyšivky je pomocí vektorů, tzv. VBE (Vector Based Embroidery) - rychlý převod předlohy na stehy. Tajima DG/ML by Pulse pracuje tedy na základě vektorové grafiky, která podporuje Bézierovy křivky. Tyto křivky tvoří obrysy díky vstupním bodům, kterých by mělo být co nejméně (větší kontrola tvaru). [18]



COREL Technology Partner, který je součástí firmy Tajima, vytvořila tzv. DRAW FUSION. Tato aplikace umožňuje najednou pracovat s grafikou CorelDRAW a TAJIMA DG/ML (úprava vyšivacího programu). [18]



Systém Tajima DG/ML by Pulse může z jednoho počítače řídit buď jeden, nebo více vyšivacích strojů, kterým může poslat stejný design nebo také každému jednotlivému stroji jiný (současně). Software pracuje s TBF formátem, což je binární formát dat, který obsahuje podmínky pro uložení provozních dat stroje spolu s konstrukčními údaji. [18]

## **Příloha 2 - Významné společnosti v České republice - mostová laserová technologie**

### **Tama-Bohemia s.r.o.**

Tama-Bohemia s.r.o. byla založena jako soukromá společnost v roce 1995 na podporu a prodej vyšívací technologie a příslušenství v české a slovenské republice, také poskytuje poradenství ohledně vyšívání, či pomáhá zákazníkům se složitějšími výšivkami. Heslem společnosti je 100% soustředěnost na vyšívání a poskytnutí všeho, co tato technologie vyžaduje. [17]

Tama se v současnosti nejvíce zajímá o prodej a podporu vyšívacích strojů Tajima, software, prodej vyšívacích nití Marathon a Angelking, prodej a podpora Seit laserové technologie, prodej Triumph vyšívacích jehel. [17]

### **KOOS spol. s.r.o.**

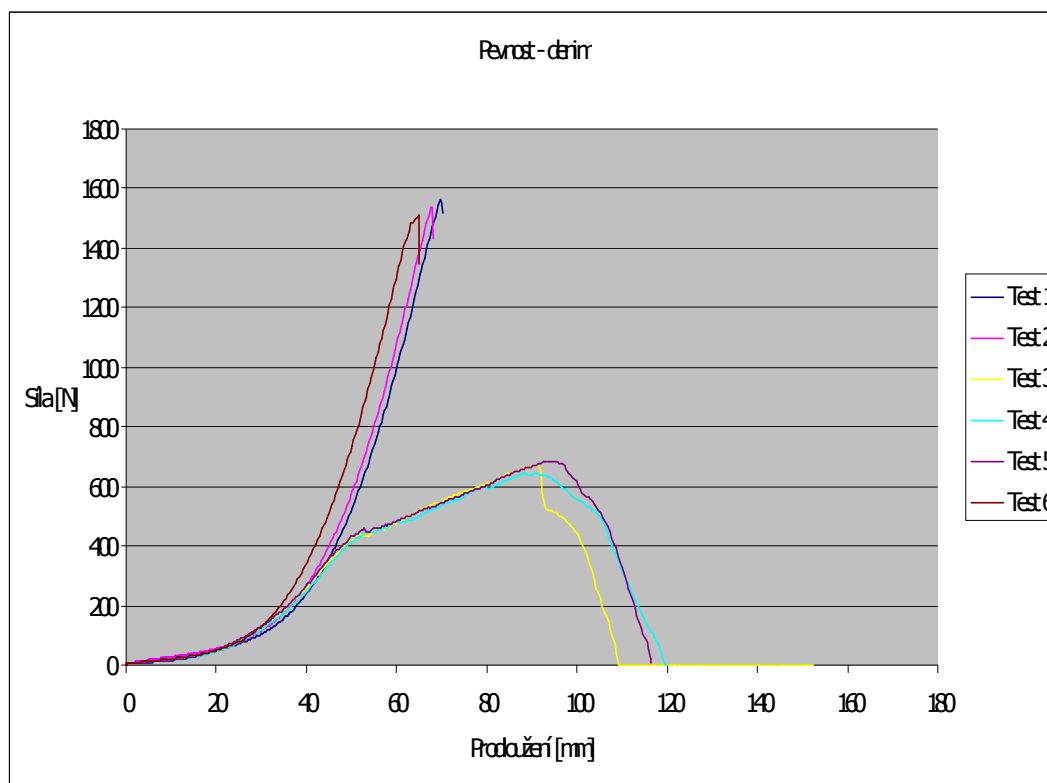
Společnosti Koos je jedinou firmou v České republice, která vlastní pulsní mostový laser (Seit Elettronica) pro vyšívací stroje (Tajima). Firma vznikla roku 1992 a sídlí v Prostějově (centrála). Pobočky má také v Ostravě a ve Zlíně. Mezi technologie, které firma používá, patří klasická výšivka, 3D výšivka, aplikovaná výšivka, ostatní výšivky, gravírování laserem, řezání laserem, sítotisk, sublimační tisk, transferový tisk a ostatní tiskařská technologie. Koos nabízí mnoho produktů, například výšivky (výroba i ze speciálních ohnivzdorných nití – hasiči, svářeči,...), nášivky, firemní a reklamní textil, reklamní předměty, pracovní a ochranné oděvy. [9]

## 1 Vzorky bez běžné údržby – praní

### Vzorky původní textilie – denim – označení 1.1

- a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,6
- b. naměřené hodnoty vzorků po útku: 3,4,5

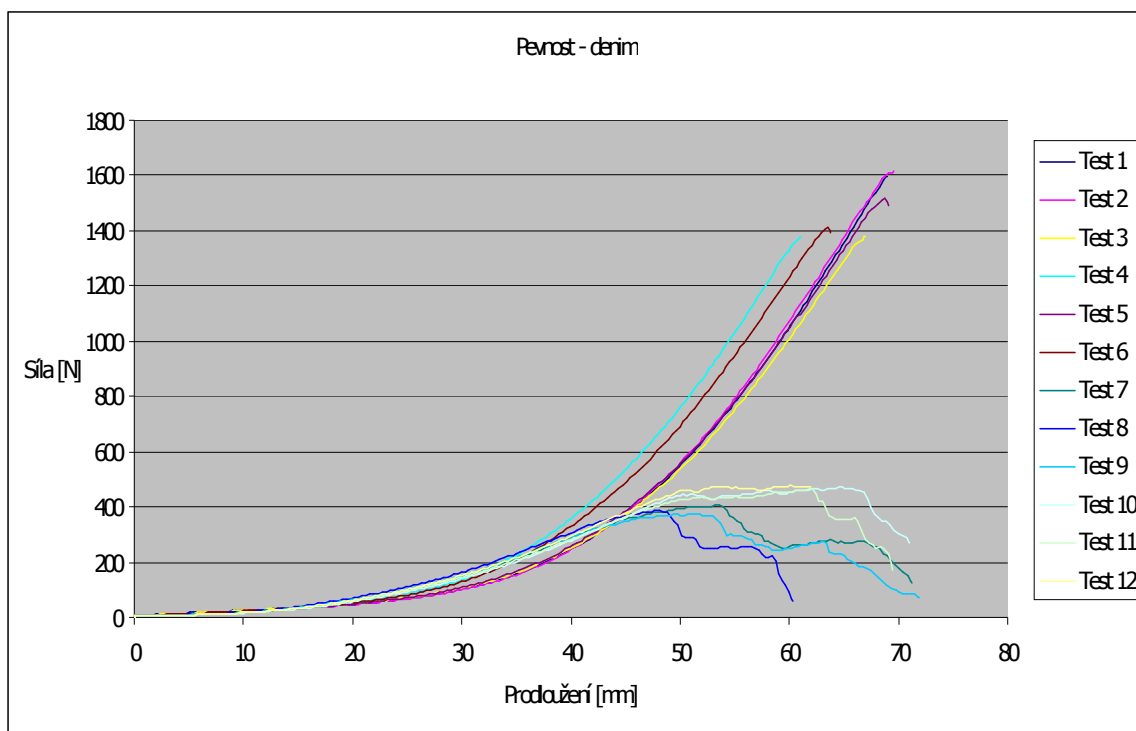
Zkouška č..	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1568,500	69,842	34,506
2	1549,600	67,868	33,701
3	672,300	90,547	43,021
4	642,500	88,269	42,086
5	685,300	94,899	45,189
6	1515,100	64,819	32,005



**Vzorky po aplikaci laseru 100 pixel + po aplikaci laseru 100 pixel a strojní výšivky – označení 2.1 (2.1.1 + 2.1.2):**

- **laserové gravírování 100 pixel – označení 2.1.1**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 7,8,9
- **laserové gravírování 100 pixel + strojní výšivka – označení 2.1.2**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově 4,5,6
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 10,11,12

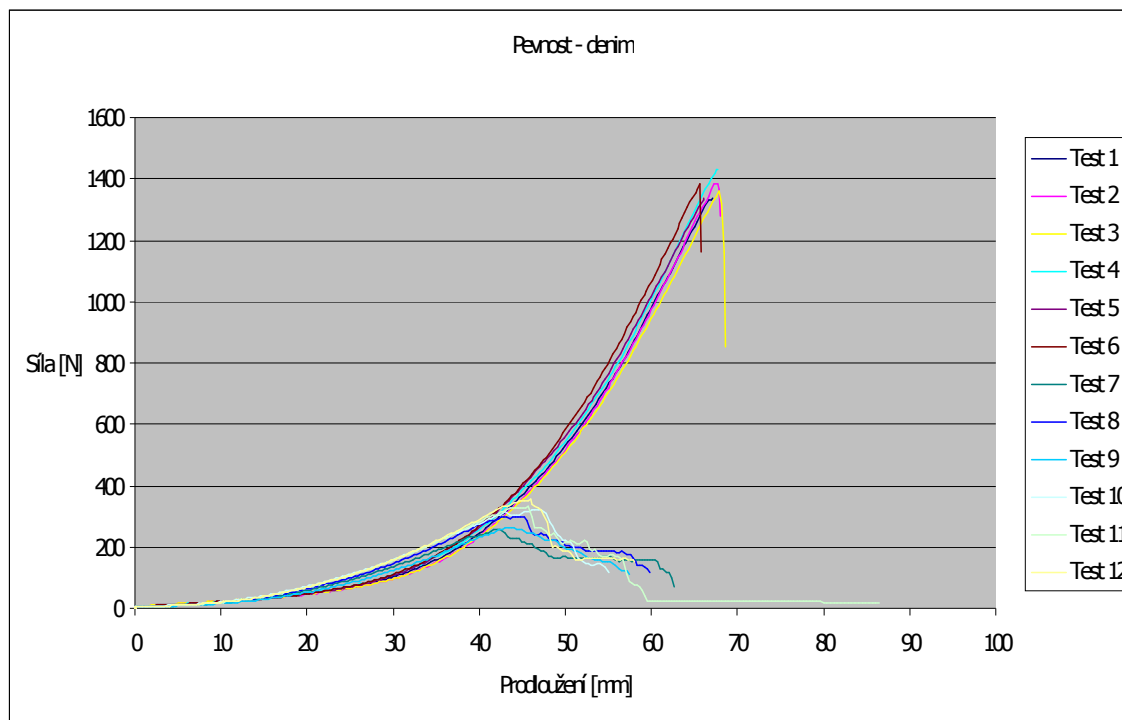
Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1597,500	68,947	34,221
2	1617,900	69,569	34,545
3	1379,700	66,956	33,233
4	1381,400	61,080	30,091
5	1519,800	68,750	33,881
6	1417,100	63,436	31,347
7	406,870	53,501	25,551
8	388,130	47,991	22,973
9	375,260	49,752	23,730
10	472,160	64,680	30,801
11	464,760	62,101	29,518
12	477,730	60,172	28,673



**Vzorky po aplikaci laseru 150 pixel + po aplikaci laseru 150 pixel a strojní výšivky – označení 3.1 (3.1.1+3.1.2):**

- **laserové gravírování 150 pixel – označení 3.1.1**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 7,8,9
- **laserové gravírování 150 pixel + strojní výšivka - označení 3.1.2**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově 4,5,6
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 10,11,12

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1339,600	67,061	33,207
2	1392,000	67,831	33,604
3	1367,200	67,921	33,678
4	1431,100	67,674	33,405
5	1339,600	66,138	32,532
6	1384,500	65,733	32,423
7	259,680	42,542	20,165
8	300,640	43,131	20,628
9	264,720	43,608	20,867
10	324,340	46,751	22,394
11	333,060	45,654	21,961
12	355,830	45,961	22,080

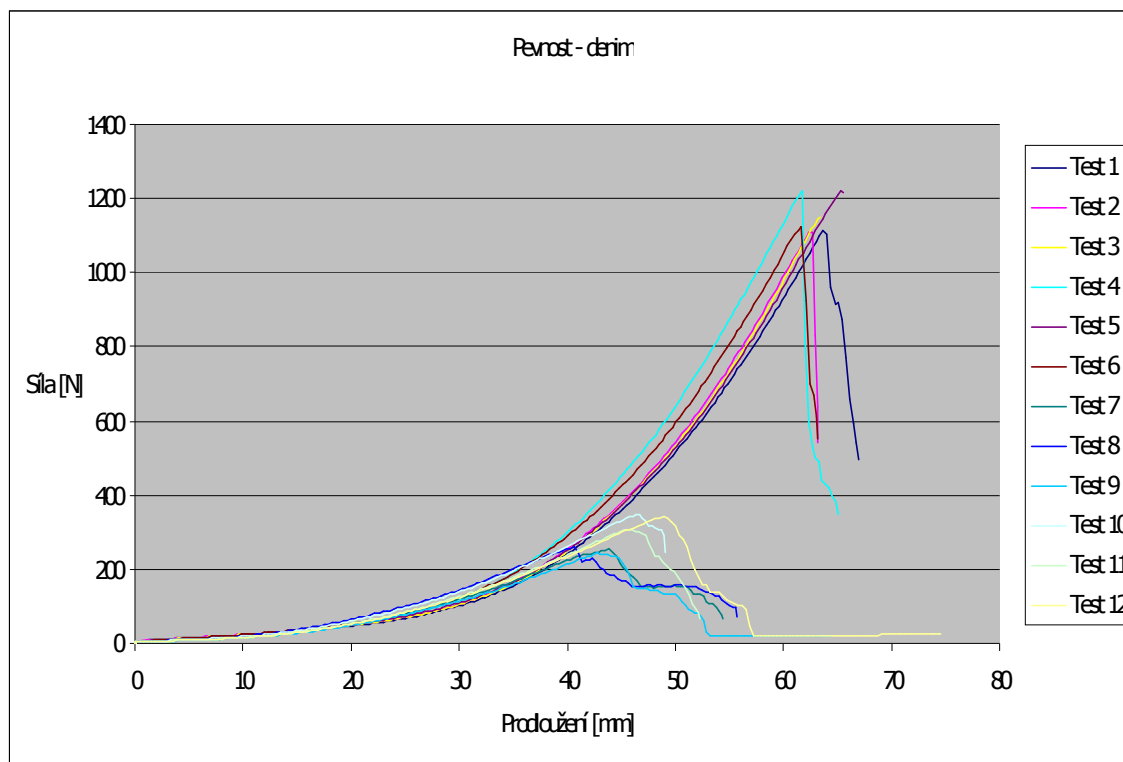




**Vzorky po aplikaci laseru 200 pixel + po aplikaci laseru 200 pixel a strojní výšivka – označení 4.1 (4.1.1 + 4.1.2):**

- **laserové gravírování 200 pixel – označení 4.1.1**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku: 7,8,9
- **laserové gravírování 200 pixel + strojní výšivka – označení 4.1.2**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově 4,5,6
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 10,11,12

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1117,500	63,811	31,671
2	1113,600	62,451	30,909
3	1149,500	63,360	31,433
4	1225,200	61,821	30,582
5	1222,700	65,460	32,413
6	1134,400	61,831	30,598
7	255,200	44,039	20,870
8	259,280	40,711	19,444
9	243,680	42,846	20,321
10	347,680	46,547	22,296
11	307,500	45,745	21,785
12	341,050	49,037	23,384

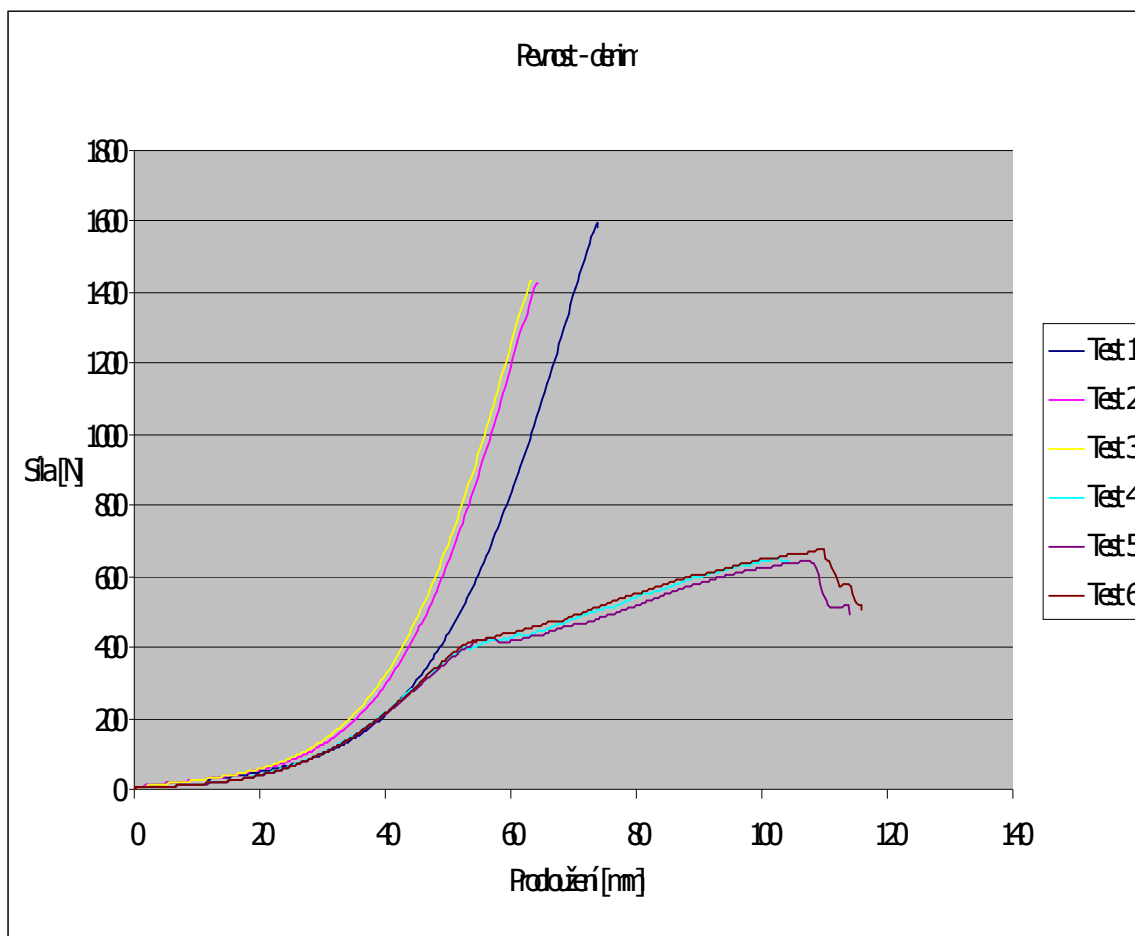


## 2 Vzorky - 1. údržba - 1 cyklus praní

### Vzorky původní textilie – denim – označení 1.2:

- a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3  
b. naměřené hodnoty vzorků po útku: 4,5,6

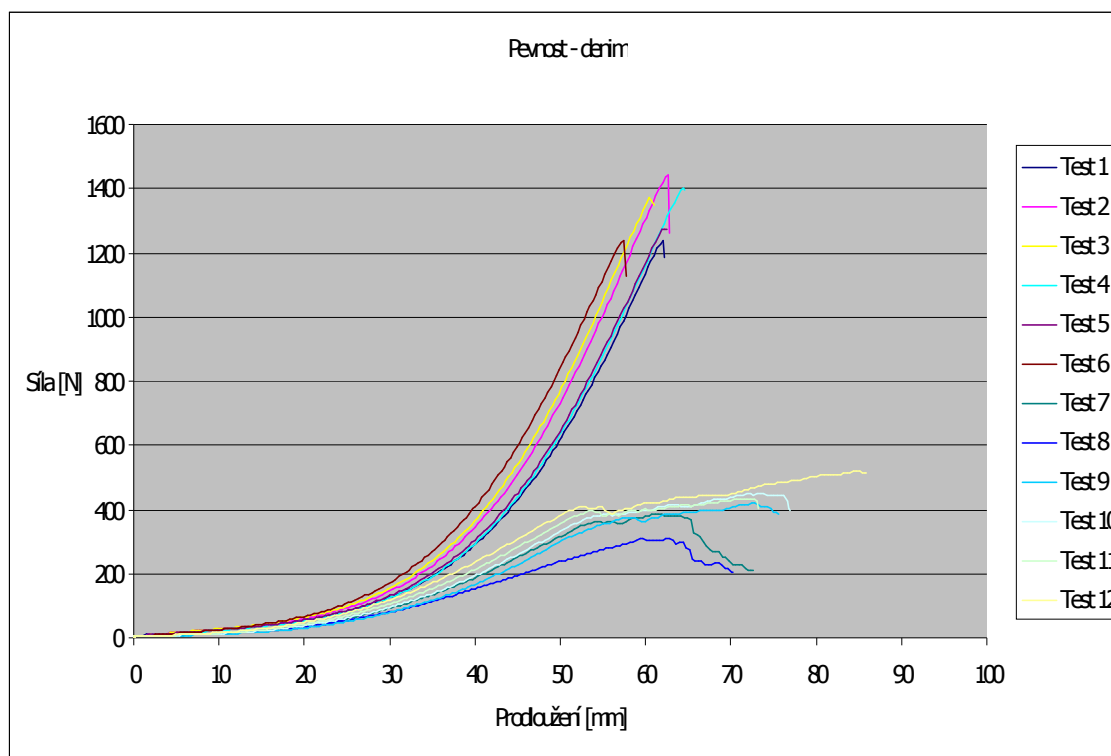
Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1595,600	73,866	36,704
2	1435,500	64,215	31,820
3	1434,700	63,186	31,389
4	651,700	102,567	48,570
5	644,700	107,435	50,985
6	674,700	109,307	51,667



**Vzorky po aplikaci laseru 100 pixel + po aplikaci laseru 100 pixel a strojní výšivky – označení 2.2 (2.2.1 + 2.2.2):**

- **laserové gravírování 100 pixel – označení 2.2.1**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 7,8,9
- **laserové gravírování 100 pixel + strojní výšivka – označení 2.2.2**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově 4,5,6
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 10,11,12

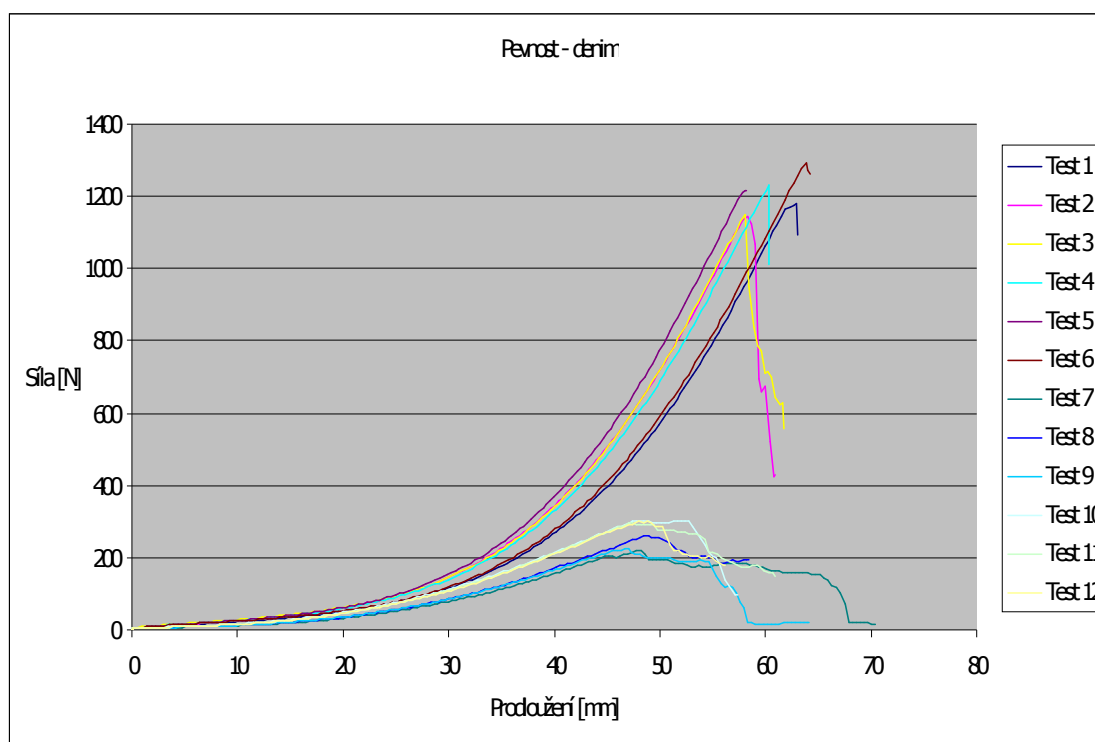
Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1247,900	62,208	30,877
2	1448,000	62,723	31,147
3	1382,000	60,588	30,115
4	1406,500	64,452	31,943
5	1280,100	62,188	30,836
6	1244,200	57,567	28,445
7	388,240	61,791	29,135
8	311,870	62,936	29,305
9	418,760	72,523	34,093
10	449,940	72,366	34,567
11	433,770	72,322	34,391
12	519,900	85,036	40,457



**Vzorky po aplikaci laseru 150 pixel + po aplikaci laseru 150 pixel a strojní výšivky – označení 3.2 (3.2.1 + 3.2.2):**

- **laserové gravírování 150 pixel – označení 3.2.1**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 7,8,9
- **laserové gravírování 150 pixel + strojní výšivka – označení 3.2.2**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově 4,5,6
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 10,11,12

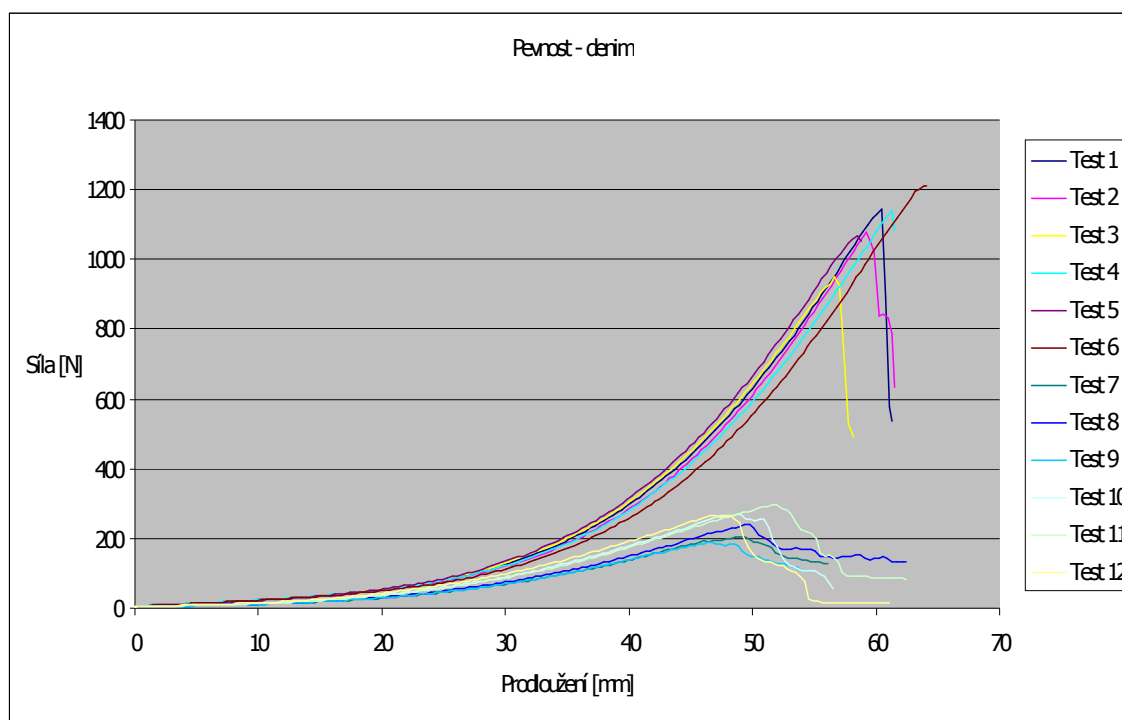
Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1185,200	62,945	31,240
2	1151,400	58,450	29,022
3	1157,000	58,145	28,862
4	1229,700	60,291	29,880
5	1218,300	58,046	28,770
6	1296,000	63,858	31,669
7	221,590	48,003	22,601
8	259,270	48,449	22,922
9	224,130	46,943	22,128
10	303,660	48,800	23,441
11	298,280	47,505	22,842
12	302,390	48,942	23,597



**Vzorky po aplikaci laseru 200 pixel + po aplikaci laseru 200 pixel a strojní výšivky – označení 4.2 (4.2.1 + 4.2.2):**

- **laserové gravírování 200 pixel – označení 4.2.1**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 7,8,9
- **laserové gravírování 200 pixel + strojní výšivka – označení 4.2.2**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově 4,5,6
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 10,11,12

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1153,100	60,589	29,978
2	1088,300	59,407	29,427
3	958,000	56,828	28,144
4	1141,200	61,323	30,366
5	1073,800	58,556	28,945
6	1214,900	63,887	31,622
7	207,510	49,328	23,562
8	238,800	49,576	23,734
9	191,570	46,773	22,330
10	269,900	48,949	23,558
11	297,810	52,048	25,096
12	268,230	46,881	22,627

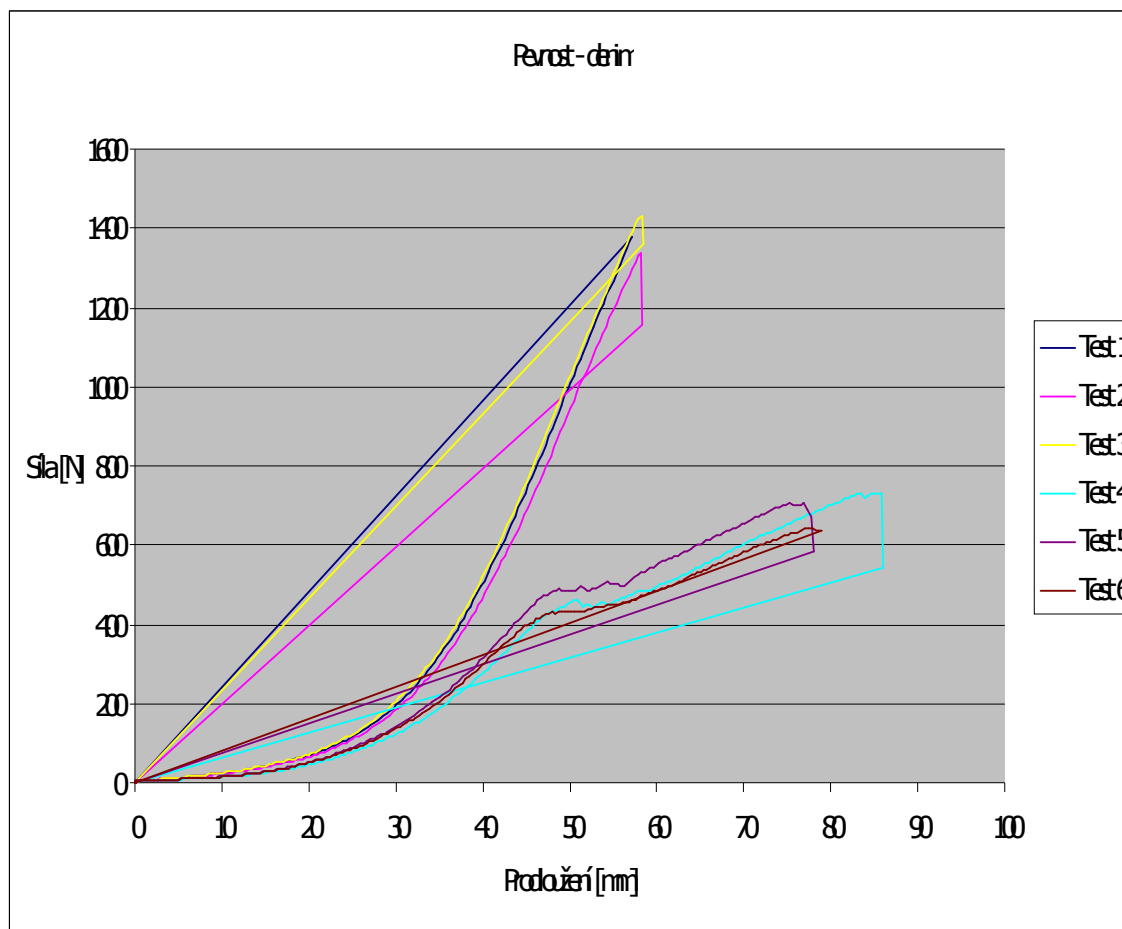


## 5 Vzorky - 5. údržba - 5 cyklů praní

### Vzorky původní textilie – denim – označení 1.3

- a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3  
b. naměřené hodnoty vzorků po útku: 4,5,6

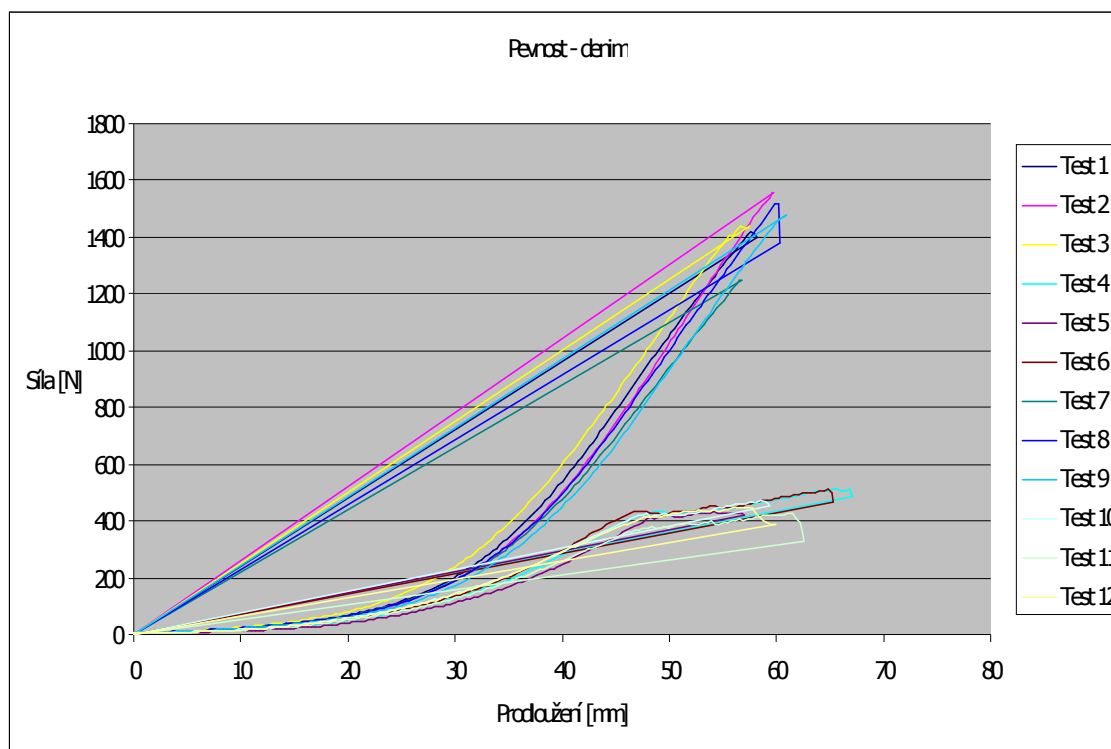
Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1376,700	57,090	27,905
2	1336,600	58,132	28,398
3	1432,400	58,203	28,478
4	733,600	85,108	39,443
5	708,800	75,625	35,203
6	646,400	77,795	35,986



**Vzorky po aplikaci laseru 100 pixel + po aplikaci laseru 100 pixel a strojní výšivky – označení 2.3 (2.3.1 + 2.3.2):**

- **laserové gravírování 100 pixel – označení 2.3.1**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 4,5,6
- **laserové gravírování 100 pixel + strojní výšivka – označení 2.3.2**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově 7,8,9
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 10,11,12

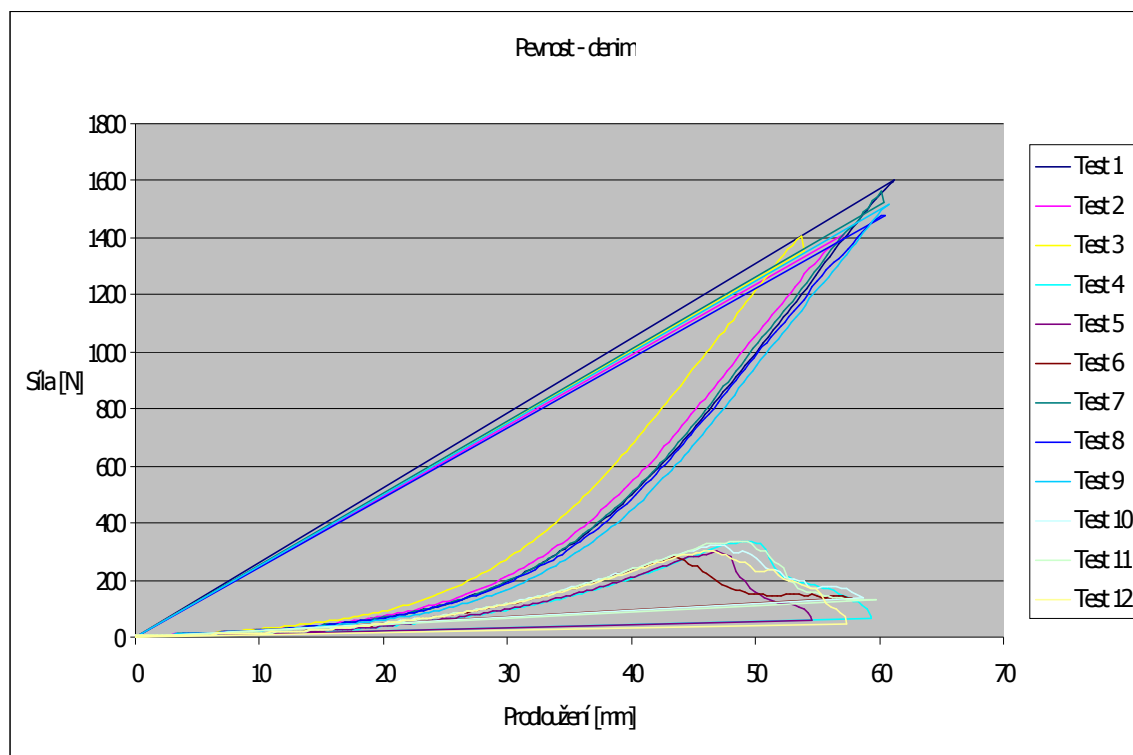
Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1425,600	57,759	28,211
2	1558,200	59,726	29,210
3	1444,900	56,678	27,753
4	512,000	65,474	30,639
5	432,160	53,936	24,983
6	512,000	64,983	30,423
7	1253,100	56,683	27,770
8	1520,700	60,012	29,435
9	1479,800	60,899	29,867
10	471,080	58,696	27,549
11	427,390	61,455	28,596
12	450,220	56,858	26,654



**Vzorky po aplikaci laseru 150 pixel + po aplikaci laseru 150 pixel a strojní výšivky – označení 3.3 (3.3.1 + 3.3.2):**

- **laserové gravírování 150 pixel – označení 3.3.1**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 4,5,6
- **laserové gravírování 150 pixel + strojní výšivka – označení 3.3.2**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově 7,8,9
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 10,11,12

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1600,000	61,193	30,028
2	1409,300	57,127	28,040
3	1410,600	53,706	26,325
4	337,870	49,836	23,031
5	302,840	47,091	21,892
6	280,900	43,581	20,399
7	1567,000	60,236	29,624
8	1481,300	60,403	29,626
9	1518,700	60,788	29,920
10	324,540	47,353	22,294
11	338,980	49,367	23,241
12	302,890	46,083	21,658

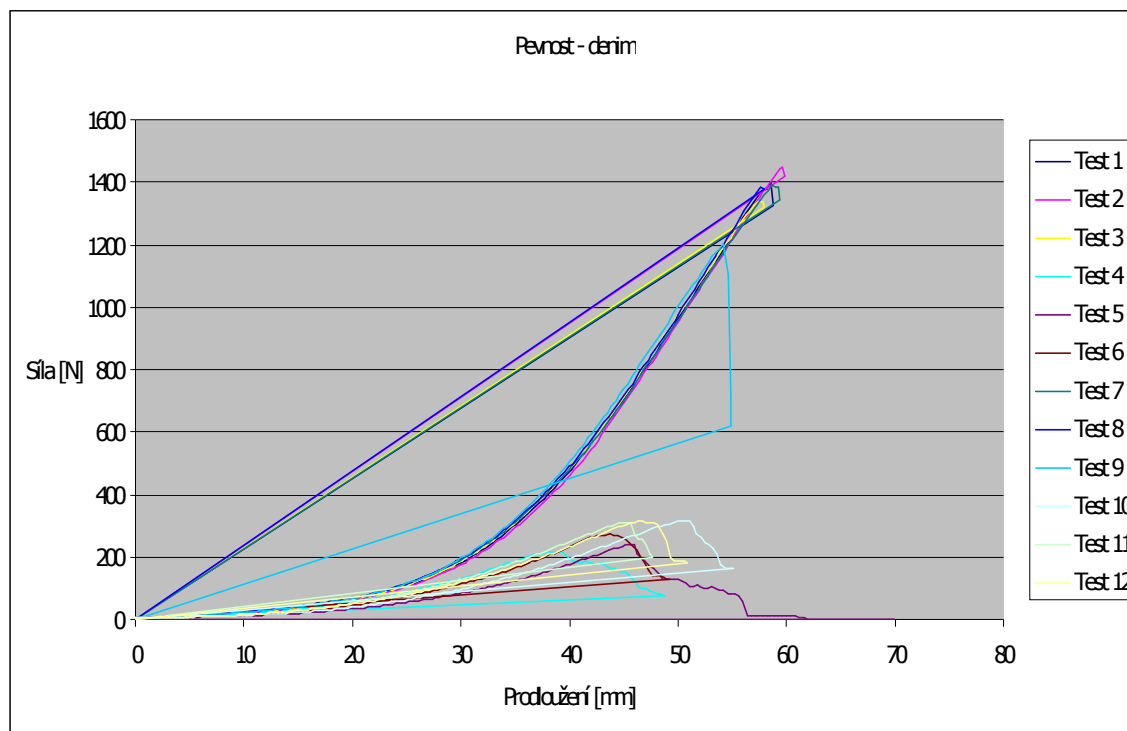




**Vzorky po aplikaci laseru 200 pixel + po aplikaci laseru 200 pixel a strojní výšivky – označení 4.3 (4.3.1 + 4.3.2):**

- **laserové gravírování 200 pixel – označení 4.3.1**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově: 1,2,3
  - b. hodnoty vzorků po útku 4,5,6
- **laserové gravírování 200 pixel + strojní výšivka – označení 4.3.2**
  - a. naměřené hodnoty vzorků po osnově 7,8,9
  - b. naměřené hodnoty vzorků po útku 10,11,12

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
1	1401,500	58,531	28,681
2	1451,700	59,729	29,193
3	1344,200	57,612	28,218
4	219,960	38,869	18,313
5	243,370	45,878	21,211
6	273,770	43,658	20,457
7	1389,300	59,208	29,112
8	1386,700	57,734	28,389
9	1217,500	54,503	26,770
10	317,200	50,283	23,519
11	311,670	45,392	21,399
12	318,370	46,559	22,015



#### Příloha 4 - Naměřené hodnoty na zařízení TH-5

Výsledné průměrné hodnoty jsou zaokrouhleny na celá čísla a vyjádřeny v mN.

Vysvětlivky k tabulce

- 8 6 vzorky původní textilie
- 9 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 100 pixel
- 10 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 100 pixel a výšivky
- 11 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 150 pixel
- 12 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 150 pixel a výšivky
- 13 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 200 pixel
- 14 6 vzorky textilie po aplikaci laserového gravírování – 200 pixel a výšivky

	osnova		útek	
	rub	líc	rub	líc
1-1	153	183,1	29,4	18,1
1-2	155,4	164,1	28,5	17,5
1-3	158	147,2	33	18,2
<b>průměr hodnot (celá čísla)</b>	<b>156</b>	<b>165</b>	<b>30</b>	<b>18</b>
2-1	170	178,7	28,4	19
2-2	167,2	188,6	28,7	22,7
2-3	137,8	159	31,3	20,2
<b>průměr hodnot (celá čísla)</b>	<b>158</b>	<b>175</b>	<b>30</b>	<b>21</b>
3-1	210	235	520	410
3-2	199	219	488	368
3-3	204	222	506	384
<b>průměr hodnot (celá čísla)</b>	<b>204</b>	<b>225</b>	<b>505</b>	<b>387</b>
4-1	156,6	151,2	32,6	24,6
4-2	149	160	29	19
4-3	152,4	150	31,2	20,8
<b>průměr hodnot (celá čísla)</b>	<b>153</b>	<b>154</b>	<b>31</b>	<b>22</b>
5-1	171	153	418	264
5-2	206	174	465	316
5-3	196	164	430	270
<b>průměr hodnot (celá čísla)</b>	<b>191</b>	<b>164</b>	<b>438</b>	<b>283</b>
6-1	141,8	155,5	28,9	18
6-2	158	170,6	27,7	21,2
6-3	137,8	140,6	31,3	26
<b>průměr hodnot (celá čísla)</b>	<b>146</b>	<b>156</b>	<b>29</b>	<b>22</b>
7-1	206	200	504	270
7-2	203	172	525	281
7-3	213	230	534	297
<b>průměr hodnot (celá čísla)</b>	<b>207</b>	<b>201</b>	<b>521</b>	<b>283</b>